

ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

СЕРИЯ СПРАВОЧНИКОВ ДЛЯ МАСТЕРОВ И РАБОЧИХ

ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

Под редакцией
засл. деятеля науки и техники РСФСР
д-ра техн. наук проф. А. Н. МАЛОВА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
Москва 1971

УДК 621 (03)

Общетехнический справочник под ред. засл. деятеля науки и техники РСФСР д-ра техн. наук проф. Малова А. Н., М., «Машиностроение», 1971, стр. 464.

В справочнике приведены сведения по математике, геометрии, тригонометрии, механике, электротехнике, машиностроительному черчению, допускам, посадкам, техническим измерениям, деталям машин, машиностроительным материалам.

Справочник предназначен для мастеров, квалифицированных рабочих всех профессий. Табл. 248, рис. 32, библ. 16 назв.

Авторы:

АНИСИМОВ Э. В., КАНД. ТЕХН. НАУК; ЗАКОННИКОВ В. П., КАНД. ТЕХН. НАУК; НИКИФОРОВА-ДЕНИСОВА С. Н., ИНЖ.; МАЛОВ А. Н., ЗАСЛ. ДЕЯТЕЛЬ НАУКИ И ТЕХНИКИ РСФСР, Д-Р ТЕХН. НАУК, ПРОФ.; СКОРОХОДОВ Е. А., КАНД. ТЕХН. НАУК

Рецензент инж. **А. Е. Немировский**

$\frac{3-12-1}{1-71}$

ПРЕДИСЛОВИЕ

Издательство выпускает серию справочников для мастеров и рабочих машиностроительных и приборостроительных заводов. В серию входят справочники для токарей, фрезеровщиков, инструментальщиков, сварщиков, контролеров и других профессий. Сведения, общие для всех профессий, в этих справочниках не приводятся. Они выделены в самостоятельный «Общетехнический справочник», выпускаемый издательством большим тиражом. В него включены справочные сведения по математике, технической механике, машиностроительным материалам, деталям машин, допускам и посадкам, технологическим измерениям, технике безопасности и др., которые часто требуются мастерам и рабочим при решении различных технологических задач.

Таким образом, «Общетехнический справочник» является весьма полезным дополнением ко всем профессиональным справочникам, входящим в серию «Справочники для мастеров и рабочих».

«Общетехнический справочник» для мастеров и рабочих выпускается впервые, поэтому в нем могут быть недостатки. Все замечания и пожелания об улучшении его содержания просьба направлять по адресу: *г. Москва, Б-66, 1-й Басманный пер., 3, издательство «Машиностроение»*.

ГЛАВА 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

АЛФАВИТЫ И ЦИФРЫ

1. Латинский и греческий алфавиты

Начертание букв	Название букв	Начертание букв	Название букв	Начертание букв	Название букв
А. Латинский алфавит					
A a	а	J j	йот	S s	эс
B b	бе	K k	ка	T t	тэ
C c	це	L l	эль	U u	у
D d	де	M m	эм	V v	вэ
E e	е	N n	эн	W w	дубль-ве
F f	эф	O o	о	X x	икс
G g	ге	P p	пэ	Y y	игрек
H h	аш	Q q	ку	Z z	зет
I i	и	R r	эр		
Б. Греческий алфавит					
Α α	альфа	Ι ι	йота	Ρ ρ	ро
Β β	бета	Κ κ	каппа	Σ σ	сигма
Γ γ	гамма	Λ λ	ламбда	Τ τ	тау
Δ δ	дельта	Μ μ	ми	Υ υ	ипсилон
Ε ε	эпсилон	Ν ν	ни	Φ φ	фи
Ζ ζ	дзета	Ξ ξ	кси	Χ χ	хи
Η η	эта	Ο ο	омикрон	Ψ ψ	пси
Θ ϑ	тэта	Π π	пи	Ω ω	омега

2. Сравнительная таблица арабских и римских цифр

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
XX	XXX	XL	L	LX	LXX	LXXX	XC	IC	C
20	30	40	50	60	70	80	90	99	100
CC	CCC	CD	D	DC	DCC	DCCC	CM	XM	IM
200 M 1000	300	400	500	600	700	800	900	990	999

Пример. 1971-MCMLXXI.

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЙ

С 1 января 1963 г. в СССР действуют следующие системы единиц измерения.

1. Международная система единиц (ГОСТ 9867—61).
2. Система СГС (ГОСТ 7664—61, ГОСТ 8849—58, ГОСТ 8033—56*).
3. Система МКГСС (ГОСТ 7664—61).

Предпочтение следует отдавать Международной системе единиц (система СИ). Систему СГС применяют преимущественно в физике. В технике широкое распространение имеет система МКГСС.

Основные единицы системы СИ для измерения: длины — метр (*м*); массы — килограмм (*кг*); времени — секунда (*сек*); силы тока — ампер (*а*); термодинамической температуры — градусы Кельвина (°К); силы света — свеча (*св*).

Дополнительные единицы системы СИ: *радиан* (угол между двумя радиусами круга, вырезающий на окружности дугу, длина которой равна радиусу) — единица измерения плоского угла; *стерадиан* — единица измерения телесного угла.

Помимо основных и дополнительных единиц в системе СИ предусмотрен ряд производных единиц (табл. 3), образуемых от основных.

3. Производные единицы Международной системы единиц

Наименование величины	Единица измерения	Сокращенное обозначение	Единица измерения
Площадь	квадратный метр	*м*²	(1 *м*)²
Объем	кубический метр	*м*³	(1 *м*)³
Частота	герц	*гц*	1 : (1 *сек*)
Плотность	килограмм на кубический метр	*кг/м*³	(1 *кг*) : (1 *м*)³
Скорость	метр в секунду	*м/сек*	(1 *м*) : (1 *сек*)
Угловая скорость	радиан в секунду	*рад/сек*	(1 *рад*) : (1 *сек*)
Ускорение	метр на секунду в квадрате	*м/сек*²	(1 *м*) : (1 *сек*)²
Сила	ньютон	*н*	(1 *кг*)×(1 *м*) : : (1 *сек*)
Давление (механическое напряжение)	ньютон на квадратный метр	*н/м*²	(1 *н*) : (1 *м*)²
Работа, энергия, количество теплоты	джоуль	*дж*	(1 *н*) : (1 *м*)
Мощность	ватт	*вт*	(1 *дж*) : (1 *сек*)
Количество электричества	кулон	*к*	(1 *а*) : (1 *сек*)
Разность электрических потенциалов	вольт	*в*	(1 *вт*) : (1 *а*)
Электрическое сопротивление	ом	*ом*	(1 *в*) : (1 *а*)
Электрическая емкость	фарада	*ф*	(1 *к*) : (1 *в*)
Сила тока	ампер	*а*	1 *а*
Световой поток	люмен	*лм*	(1 *св*) : (1 *м*)²
Яркость	свеча на квадратный метр или нит	*св/м*² или *нт*	(1 *св*) : (1 *м*)²
Освещенность	люкс	*лк*	(1 *лм*) : (1 *м*)²

Единицей силы является *ньютон* (*н*) — сила, которая массе в 1 *кг* сообщает ускорение, равное 1 *м/сек*².

Единицей работы является *джоуль* (*дж*) — работа, которую совершает сила в 1 *н* на пути в 1 *м*, пройденном в направлении действия силы.

Единицей мощности является *ватт* (*вт*) — мощность, при которой за 1 *сек* совершается работа, равная 1 *дж*.

Основные единицы системы МКГСС для измерения: длины — метр (*м*); силы — килограмм-сила (*кгс* или *кГ*); времени — секунда (*сек*).

От основных единиц в системе МКГСС образован ряд производных единиц (табл. 4).

4. Некоторые производные единицы системы МКГСС, размерность которых отличается от соответствующих единиц в системе СИ

Наименование величины	Единица измерения	Сокращенное обозначение	Размер единицы
Масса	килограмм-сила-секунда в квадрате на метр	*м*	$(1\ кГ) \times (1\ сек)^2 : (1\ м)$
Давление (механическое напряжение)	килограмм-сила на квадратный метр	$кГ/м^2$	$(1\ кГ) : (1\ м)^2$
Плотность	килограмм-сила-секунда в квадрате на метр в четвертой степени	$кГ \cdot сек^2/м^4$	$(1\ кГ) \times (1\ сек)^2 : (1\ м)^4$
Работа я энергия	килограмм-сила-метр	$кГ \cdot м$	$(1\ кГ) \times (1\ м)$
Мощность	килограмм-сила-метр в секунду	$кГ \cdot м/сек$	$(1\ кГ) \times (1\ м) : (1\ сек)$

Единица массы называется *инертной* (инерта — это масса, которой сила в 1 *кГ* сообщает ускорение в 1 *м/сек*²) или т. е. м.

Внесистемные единицы. Помимо единиц измерения, предусмотренных системами СИ, СГС и МКГСС, допускается использование ряда внесистемных единиц (табл. 5). Эти единицы введены или независимо от системы единиц, или являются кратными основных и производных единиц разных систем. Кратные и дольные единицы измерения приведены в табл. 6.

5. Внесистемные единицы

Наименование	Обозначение	Связь с другими единицами
Единицы длины		
Километр	*км*	1000 *м*
Дециметр	*дм*	0,1 *м*
Сантиметр	*см*	0,01 *м*
Миллиметр	*мм*	0,001 *м*
Микрометр	*мкм*	10^{-6} *м*
Миллимикрон	*ммк*	10^{-9} *м*
Ангстрем	Å	10^{-10} *м*

Продолжение табл. 5

Наименование	Обозначение	Связь с другими единицами
Единицы поверхности		
Квадратный километр	*км*^{2}	10^6 *м*^{2}
Гектар	*га*	10^4 *м*^{2}
Ар	*а*	100 *м*^{2}
Квадратный дециметр	*дм*^{2}	0,01 *м*^{2}
Квадратный сантиметр	*см*^{2}	10^{-4} *м*^{2}
Квадратный миллиметр	*мм*^{2}	10^{-6} *м*^{2}
Единицы объема		
Кубический дециметр	*дм*^{3}	0,001 *м*^{3}
Кубический сантиметр	*см*^{3}	10^{-6} *м*^{3}
Кубический миллиметр	*мм*^{3}	10^{-9} *м*^{3}
Единицы вместимости		
Литр	*л*	0,001 *м*^{3}
Килолитр	*кл*	1 *м*^{3}
Гектолитр	*гл*	0,1 *м*^{3}
Декалитр	*дкл*	0,01 *м*^{3}
Децилитр	*дл*	10^{-4} *м*^{3}
Сантилитр	*сл*	10^{-5} *м*^{3}
Миллилитр	*мл*	10^{-6} *м*^{3}
Единицы массы		
Тонна	*т*	1000 *кг*
Центнер	*ц*	100 *кг*
Декаграмм	*дкг*	0,01 *кг*
Грамм	*г*	0,001 *кг*
Дециграмм	*дг*	10^{-4} *кг*
Сантиграмм	*сг*	10^{-5} *кг*
Миллиграмм	*мг*	10^{-6} *кг*
1 карат	*с*	0,0002 *кг*
Единицы времени		
Миллисекунда	*мсек*	0,001 *сек*
Минута	*мин*	60 *сек*
Час	*ч*	3600 *сек*
Единицы плоского угла		
Градус	(°)	0,0175 *рад*
Минута	(′)	$2,91 \cdot 10^{-4}$ *рад*
Секунда	(″)	$4,85 \cdot 10^{-6}$ *рад*

Продолжение табл. 5

Наименование	Обозначение	Связь с другими единицами
Единицы угловой скорости		
Оборот в минуту	*об/мин*	$\frac{\pi}{30}$ *рад/сек*
Оборот в секунду	*об/сек*	2π *рад/сек*
Единицы мощности		
Лошадиная сила	*л. с.*	736 *вт*= =75 *кГ·м/сек*
Единицы давления		
Бар	*бар*	10^5 *н/м²*
Миллиметр ртутного столба	*мм рт. ст.*	133,3 *н/м²*
Техническая атмосфера	*ат* или *кГ/см²*	$9,8\cdot10^4$ *н/м²*
Физическая атмосфера	*атм*	$1,013\cdot10^5$ *н/м²*
Единицы теплоты		
Калория	*кал*	4,1868 *дж*

6. Десятичные приставки

Отношение к главной единице	Наименование	Сокращенные обозначения буквами: русскими	Сокращенные обозначения буквами: латинскими и греческими	Отношение к главной единице	Наименование	Сокращенные обозначения буквами: русскими	Сокращенные обозначения буквами: латинскими или греческими
10^{12}	тера	*Т*	T	10^{-1}	деци	*д*	d
10^9	гига	*Г*	G	10^{-2}	санти	*с*	c
10^6	мега	*М*	M	10^{-3}	милли	*м*	m
10^3	кило	*К*	K	10^{-6}	микро	*мк*	μ
10^2	гекто	*г*	h	10^{-9}	нано	*н*	n
10^1	дека	*да*	da	10^{-12}	пико	*п*	p

Примечание. Кратные и дольные единицы образуются путем умножения или деления на степень числа 10. Их наименования получаются прибавлением указанных в таблице приставок к наименованиям основных и производных единиц.

Кратные и дольные единицы времени и углов образуются по стандарту для них.

Соотношения между различными системами единиц. Связь внесистемных единиц с единицами системы СИ дана в табл. 5. В табл. 7 приведены соотношения механических единиц международной системы с единицами других систем и внесистемными единицами. Соотношения между единицами измерения температуры, принятыми в СССР, даны в табл. 8, а между англо-американскими и метрическими единицами в табл. 9.

7. Соотношения механических единиц системы СИ с единицами других систем и с внесистемными единицами

Единицы массы	
1*г* = 0,001 *кг*	1 *кг* = 1000 *г*
1*и* (т. е. м.) = 9,81 *кг*	1 *кг* = 0,102*и* (т. е. м.)
1*т* = 1000 *кг*	1 *кг* = 0,001 *т*
Единицы силы	
1 *дин* = 10^{-5} *н*	1 *н* = 10^{5} *дин*
1 *кгс* = 9,81 *кг*	1 *н* = 0,102 *кгс*
Единицы работы, энергии, теплоты	
1 *кгс·м* = 9,81 *дж*	1 *дж* = 0,102 *кгс·м*
1 *кал* = 4,19 *дж*	1 *дж* = 0,239 *кал*
1 *вт·ч* = $3{,}6\cdot 10^{3}$ *дж*	1 *дж* = $2{,}78\cdot 10^{-4}$ *вт·ч*
Единицы мощности	
1 *кгс·м/сек* = 9,81 *вт*	1 *вт* = 0,102 *кгс·м/сек*
1 *л. с.* = 736 *вт*	1 *вт* = $1{,}36\cdot 10^{-3}$ *л. с.*

8. Соотношения между единицами измерения температуры

Температурные шкалы	Температура кипения воды	Температура плавления льда	Абсолютный нуль	Соотношения между градусами различных шкал	Перевод температуры в градусы международной и абсолютной шкал
°C—градусы международной шкалы (шкалы Цельсия)	100	0	—273,2	1° C = 0,8R = = 1,8° F = = 1° K	$n°\,C = (n + 273{,}2)\,°K$
°R—градусы шкалы Реомюра	80	0	—218,56	1° R = = 1,25° C = = 2,25° F = = 1,25° K	$n°\,R = \frac{5}{4}\,n°\,C = \left(\frac{5}{4}\,n + 273{,}2\right)°K$
°F—градусы шкалы Фаренгейта	212	32	—459,79	1° F = = 0,556° C = = 0,445° R = = 0,556° K	$n°\,F = \frac{5}{9}(n - 32)°C = \left[\left(\frac{5}{9}(n - 32) + 273{,}2\right]\right. °K$

Продолжение табл. 8

Температурные шкалы	Температура		Абсолютный нуль	Соотношения между градусами различных шкал	Перевод температуры в градусы международной и абсолютной шкал
	кипения воды	плавления льда			
°K—градусы абсолютной шкалы (шкалы Кельвина)	373,3	273,2	0	1° K=1° C= =0,8° R= =1,8° *F*	*n*° K=(*n*—273,2) °C

Примечание. В СССР приняты международная (стоградусная) и абсолютная шкалы.

9. Соотношения между англо-американскими и метрическими единицами измерения

Единицы длины

1 морская миля	1,853 *км*
1 английская миля	1,60935 *км*
1 ярд (3 фута)	0,9144 *м*
1 фут	0,3048 *м*
1 дюйм	2,54 *см*

Единицы площади

1 кв. фут	0,092903 $м^2$
1 кв. дюйм	6,45160 $см^2$

Единицы объема

1 куб. фут	0,02832 $м^3$ (28,32 *л*)
1 куб. дюйм	16,387 $см^3$
1 английский галлон	4,546 *л*
1 американский галлон	3,787 *л*

Единицы веса

1 английский фунт	0,4536 *кГ*
1 унция	28,35 *Г*
1 английская тонна	1,01605 метрич. *Т*
1 американская тонна	0,90718 метрич. *Т*

Единицы плотности

$\frac{1 \text{ английский фунт}}{\text{куб. дюйм}}$ 27,68 $Г/см^3$

$\frac{1 \text{ английский фунт}}{\text{куб. фут}}$ 0,10602 $Г/см^3$

Единицы давления и напряжения

$\frac{1 \text{ американская тонна}}{\text{кв. дюйм}}$ 140,613 $кГ/см^2$

$\frac{1 \text{ тонна английская}}{\text{кв. дюйм}}$ 157,488 $кГ/см^2$

$\frac{1 \text{ английский фунт}}{\text{кв. дюйм}}$ 0,0703 $кГ/см^2$

$\frac{1 \text{ английский фунт}}{\text{кв. фут}}$ 0,000488 $кГ/см^2$

Единицы работы и энергии

1 английский фунтофут	0,1383 *кГ·м*
1 английский силочас	274,000 *кГ·м* = =1,014 метрич. силочаса
1 английская тепловая калории единица (ВТИ)	0,252 большой

Единицы мощности

$\frac{1 \text{ англ. фунтофут}}{\text{сек}}$ =1,356 *вт*= =0,1383 *кГ·м/сек* = =0,001844 метрич. *л. с.*

1 английская *л. с.* 0,746 *квт* = =1,014 метрич. *л. с.*

ТАБЛИЦЫ ПЕРЕВОДА ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ

10. Перевод дюймов и тысячных долей дюймов в миллиметры (1 дюйм = 25,400 *мм*)

Дюймы	*мм*	Дюймы	*мм*	Дюймы	*мм*
0,001	0,025	0,010	0,254	0,10	2,540
0,002	0,051	0,020	0,509	0,20	5,08
0,003	0,076	0,030	0,762	0,30	7,62
0,004	0,102	0,040	1,016	0,40	10,16
0,005	0,127	0,050	1,270	0,50	12,7
0,006	0,152	0,060	1,524	0,60	15,24
0,007	0,178	0,070	1,778	0,70	17,780
0,008	0,203	0,080	2,032	0,75	19,050
0,009	0,229	0,090	2,286	0,80	20,320
				0,90	22,860
$^{1}/_{64}$	0,397	$^{7}/_{16}$	11,113	$1^{1}/_{8}$	28,575
$^{1}/_{32}$	0,794	$^{1}/_{2}$	12,700	$1^{1}/_{4}$	31,750
$^{1}/_{16}$	1,588	$^{9}/_{16}$	14,288	$1^{3}/_{8}$	34,925
$^{1}/_{8}$	3,175	$^{5}/_{8}$	15,875	$1^{1}/_{2}$	38,100
$^{3}/_{16}$	4,763	$^{3}/_{4}$	19,050	$1^{5}/_{8}$	41,275
$^{1}/_{4}$	6,350	$^{7}/_{8}$	22,225	$1^{3}/_{4}$	44,450
$^{5}/_{16}$	7,938	1	25,400	$1^{7}/_{8}$	47,625
$^{3}/_{8}$	9,525	$1^{1}/_{16}$	26,988	2	50,800

11. Перевод миллиметров в дюймы

мм	Дюймы	*мм*	Дюймы	*мм*	Дюймы	*мм*	Дюймы
0,01	0,0004	0,1	0,0039	1	0,0394	10	0,394
0,02	0,0008	0,2	0,0079	2	0,0787	20	0,787
0,03	0,0012	0,3	0,0118	3	0,1181	30	1,181
0,04	0,0016	0,4	0,0158	4	0,1575	40	1,575
0,05	0,0020	0,5	0,0197	5	0,1969	50	1,969
0,06	0,0024	0,6	0,0236	6	0,2362	60	2,362
0,07	0,0028	0,7	0,0276	7	0,2756	70	2,756
0,08	0,0032	0,8	0,0315	8	0,3150	80	3,150
0,09	0,0035	0,9	0,0354	9	0,3543	90	3,543

12. Перевод лошадиных сил (*л. с.*) в киловатты (*квт*)

Л. с.	*Квт*	*Л. с.*	*Квт*	*Л. с.*	*Квт*
1	0,74	7	5,15	14	10,30
2	1,47	8	5,88	15	11,03
3	2,21	9	6,62	16	11,77
4	2,94	10	7,35	17	12,50
5	3,68	11	8,09	18	13,24
6	4,41	12	8,83	19	13,97
		13	9,56	20	14,71

13. Перевод градусов в радианы [*1]

(Длина дуг окружностей радиуса, равного 1)

Угол	Дуга	Угол	Дуга	Угол	Дуга	Угол	Дуга
1″	0,000005	1′	0,000291	1°	0,017453	20°	0,349066
2″	0,000010	2′	0,000582	2°	0,034907	30°	0,523599
3″	0,000015	3′	0,000873	3°	0,052360	40°	0,698132
4″	0,000019	4′	0,001164	4°	0,069813	50°	0,872665
5″	0,000024	5′	0,001454	5°	0,087266	60°	1,047198
6″	0,000029	6′	0,001745	6°	0,104220	90°	1,570796
7″	0,000034	7′	0,002036	7°	0,122173	180°	3,14593
8″	0,000039	8′	0,002327	8°	0,139626	270°	4,712389
9″	0,000044	9′	0,002618	9°	0,157080	360°	6,283185
10″	0,000049	10′	0,002909	10°	0,174533		

[*1] 1 *рад* = 57° 17′44″; 1° = 0,017453 *рад*.

СВЕДЕНИЯ ИЗ МАТЕМАТИКИ

14. Некоторые постоянные и их десятичные логарифмы

Величина	n	$\lg n$	Величина	n	$\lg n$
π	3,1416	0,4972	$1:2\pi$	0,1592	$\bar{1}$,2018
2π	6,2832	0,7982	$1:3\pi$	0,1061	$\bar{1}$,0257
3π	9,4248	0,9743	$1:4\pi$	0,0796	$\bar{2}$,9008
4π	12,5664	1,0992	π^2	9,8696	0,9943
6π	18,8496	1,2753	$2\pi^2$	19,7392	1,2953
$4\pi:3$	4,1888	0,6221	$\sqrt{\pi}$	1,7725	0,2486
$\pi:2$	1,5708	0,1961	$\sqrt{1:\pi}$	0,5642	$\bar{1}$,7513
$\pi:3$	1,0472	0,0200	$\sqrt{1:2\pi}$	0,3989	$\bar{1}$,6009
$\pi:4$	0,7854	$\bar{1}$,8951	$\sqrt[3]{\pi}$	1,4646	0,1657
$\pi:6$	0,5236	$\bar{1}$,7190	$\sqrt[3]{4\pi:3}$	1,6120	0,2074
$\pi:180\ (=1^\circ)$	0,0175	$\bar{2}$,2419	$\sqrt[3]{3:4\pi}$	0,6203	$\bar{1}$,7926
$\pi:10\,800\ (=1')$	0,0003	$\bar{4}$,4637	$1:\pi^2$	0,1013	$\bar{1}$,0057
$\pi:648\,000\ (=1'')$	0,000005	$\bar{6}$,6856	$1:\sqrt{\pi}$	0,5642	$\bar{1}$,7514
$2:\pi$	0,6366	$\bar{1}$,8039	$\sqrt{2\pi}$	2,5066	0,3991
$180:\pi$	57,2958	1,7581	$\sqrt{\pi:2}$	1,2533	0,0981
$1:\pi$	0,3183	$\bar{1}$,5028	$\sqrt{2:\pi}$	0,7979	$\bar{1}$,9019
e	2,7183	0,4343	g	9,81	0,9917
e^2	7,3891	0,8686	g^2	96,2361	1,9833
e^3	20,0855	1,3029	$\sqrt{g}$	3,1321	0,4958
$1:e$	0,3679	$\bar{1}$,5657	$1:g$	0,1019	$\bar{1}$,0083
$1:e^2$	0,1353	$\bar{1}$,1314	$1:g^2$	0,0104	$\bar{2}$,0167
$\sqrt{e}$	1,6487	0,2171	$1:\sqrt{g}$	0,3193	$\bar{1}$,5042
$\sqrt[3]{e}$	1,3956	0,1448	$\pi\sqrt{g}$	9,8398	0,9930

15. Значения n^2, n^3, $\sqrt{n}$, $\sqrt[3]{n}$, $\ln n$, $\frac{1000}{n}$, πn, $\frac{\pi n^2}{4}$ для чисел от 1 до 500 *1

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
1	1	1	1,0000	1,0000	0,00000	1000,000	3,142	0,7854	1
2	4	8	1,4142	1,2599	0,69315	500,000	6,283	3,1416	2
3	9	27	1,7321	1,4422	1,09861	333,333	9,425	7,0686	3
4	16	64	2,0000	1,5874	1,38629	250,000	12,566	12,5664	4
5	25	125	2,2361	1,7100	1,60944	200,000	15,708	19,6350	5
6	36	216	2,4495	1,8171	1,79176	166,667	18,850	28,2743	6
7	49	343	2,6458	1,9129	1,94591	142,857	21,991	38,4845	7
8	64	512	2,8284	2,0000	2,07944	125,000	25,133	50,2655	8
9	81	729	3,0000	2,0801	2,19722	111,111	28,274	63,6173	9
10	100	1 000	3,1623	2,1544	2,30259	100,000	31,416	78,5398	10
11	121	1 331	3,3166	2,2240	2,39790	90,9091	34,558	95,0332	11
12	144	1 728	3,4641	2,2894	2,48491	83,3333	37,699	113,097	12
13	169	2 197	3,6056	2,3513	2,56495	76,9231	40,841	132,732	13
14	196	2 744	3,7417	2,4101	2,63906	71,4286	43,982	153,938	14
15	225	3 375	3,8730	2,4662	2,70805	66,6667	47,124	176,715	15
16	256	4 096	4,0000	2,5198	2,77259	62,5000	50,265	201,062	16
17	289	4 913	4,1231	2,5713	2,83321	58,8235	53,407	226,980	17
18	324	5 832	4,2426	2,6207	2,89037	55,5556	56,549	254,469	18
19	361	6 859	4,3589	2,6684	2,94444	52,6316	59,690	283,529	19
20	400	8 000	4,4721	2,7144	2,99573	50,0000	62,832	314,159	20
21	441	9 261	4,5826	2,7589	3,04452	47,6190	65,973	346,361	21
22	484	10 648	4,6904	2,8020	3,09104	45,4545	69,115	380,133	22
23	529	12 167	4,7958	2,8439	3,13549	43,4783	72,257	415,476	23
24	576	13 824	4,8990	2,8845	3,17805	41,6667	75,398	452,389	24
25	625	15 625	5,0000	2,9240	3,21888	40,0000	78,540	490,874	25
26	676	17 576	5,0990	2,9625	3,25810	38,4615	81,681	530,929	26
27	729	19 683	5,1962	3,0000	3,29584	37,0370	84,823	572,555	27
28	784	21 952	5,2915	3,0366	3,33220	35,7143	87,965	615,752	28
29	841	24 389	5,3852	3,0723	3,36730	34,4828	91,106	660,520	29
30	900	27 000	5,4772	3,1072	3,40120	33,3333	94,248	706,858	30

*1 См. примечание в конце таблицы.

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
31	961	29 791	5,5678	3,1414	3,43399	32,2581	97,389	754,768	31
32	1 024	32 768	5,6569	3,1748	3,46574	31,2500	100,531	804,248	32
33	1 089	35 937	5,7446	3,2075	3,49651	30,3030	103,673	855,299	33
34	1 156	39 304	5,8310	3,2396	3,52636	29,4118	106,814	907,920	34
35	1 225	42 875	5,9161	3,2711	3,55635	28,5714	109,956	962,113	35
36	1 296	46 656	6,0000	3,3019	3,58352	27,7778	113,097	1017,88	36
37	1 369	50 653	6,0828	3,3322	3,61092	27,0270	116,239	1076,21	37
38	1 444	54 872	6,1644	3,3620	3,63759	26,3158	119,381	1134,11	38
39	1 521	59 319	6,2450	3,3912	3,66356	25,6410	122,522	1194,59	39
40	1 600	64 000	6,3246	3,4200	3,68888	25,0000	125,66	1266,64	40
41	1 681	68 921	6,4031	3,4482	3,71357	24,3902	128,81	1320,25	41
42	1 764	74 088	6,4807	3,4760	3,73767	23,8095	131,95	1385,44	42
43	1 849	79 507	6,5574	3,5034	3,76120	23,2558	135,09	1452,20	43
44	1 936	85 184	6,6332	3,5303	3,78419	22,7273	138,23	1520,53	44
45	2 025	91 125	6,7082	3,5569	3,80666	22,2222	141,37	1690,43	45
46	2 116	97 336	6,7823	3,5830	3,82864	21,7394	144,51	1661,90	46
47	2 209	103 823	6,8567	3,6088	3,85015	21,2766	147,65	1734,94	47
48	2 304	110 592	6,9282	3,6342	3,87120	20,8333	150,80	1809,56	48
49	2 401	117 649	7,0000	3,6593	3,89182	20,4082	153,94	1885,70	49
50	2 500	125 000	7,0711	3,6840	3,91202	20,0000	157,08	1963,50	50
51	2 601	132 651	7,1414	3,7084	3,93183	19,6078	160,22	2042,82	51
52	2 704	140 608	7,2111	3,7325	3,95124	19,2308	163,36	2123,72	52
53	2 809	148 877	7,2801	3,7563	3,97029	18,8679	166,50	2206,18	53
54	2 916	157 464	7,3485	3,7798	3,98898	18,5185	169,65	2290,22	54
55	3 025	166 375	7,4162	3,8030	4,00733	18,1818	172,79	2375,83	55
56	3 136	175 616	7,4833	3,8259	4,02535	17,8571	175,93	2463,01	56
57	3 249	185 193	7,5498	3,8485	4,04305	17,5439	179,07	2551,76	57
58	3 364	195 112	7,6158	3,8709	4,06044	17,2414	182,21	2642,08	58
59	3 481	205 379	7,6811	3,8930	4,07754	16,9492	185,35	2733,97	59
60	3 600	216 000	7,7460	3,9149	4,09434	16,6667	188,50	2827,43	60

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
61	3 721	226 981	7,8102	3,9365	4,11087	16,3934	191,64	2922,47	61
62	3 844	238 328	7,8740	3,9579	4,12713	16,1290	194,78	3019,07	62
63	3 969	250 047	7,9373	3,9791	4,14313	15,8730	197,92	3117,25	63
64	4 096	262 144	8,0000	4,0000	4,15888	15,6250	201,06	3216,99	64
65	4 225	274 625	8,0623	4,0207	4,17439	15,3846	204,20	3318,31	66
66	4 356	287 496	8,1240	4,0412	4,18965	15,1615	207,35	3421,19	66
67	4 489	300 763	8,1854	4,0615	4,20469	14,9254	210,49	3525,65	67
68	4 624	314 432	8,2462	4,0817	4,21951	14,7059	213,63	3631,68	68
69	4 761	328 609	8,3066	4,1016	4,23411	14,4928	216,77	3739,28	69
70	4 900	343 000	8,3666	4,1213	4,24850	14,2867	219,91	3848,45	70
71	6 041	357 911	8,4261	4,1408	4,26268	14,0845	223,05	3959,19	71
72	5 184	373 248	8,4853	4,1602	4,27667	13,8889	226,19	4071,50	72
73	5 329	389 017	8,5440	4,1793	4,29046	13,6986	229,34	4185,39	73
74	5 476	405 224	8,6023	4,1983	4,30407	13,5135	232,48	4300,84	74
75	5 625	421 875	8,6603	4,2172	4,31749	13,3333	235,62	4417,86	75
76	5 776	438 976	8,7178	4,2358	4,33073	13,1579	238,76	4536,46	76
77	5 929	456 533	8,7750	4,2543	4,34381	12,9870	241,90	4656,63	77
78	6 084	474 552	8,8318	4,2727	4,35671	12,8205	245,04	4778,36	78
79	6 241	493 039	8,8882	4,2908	4,36945	12,6582	248,19	4901,67	79
80	6 400	612 000	8,9443	4,3089	4,38203	12,6000	261,33	5026,55	80
81	6 661	631 441	9,0000	4,3267	4,39445	12,3457	254,47	5153,00	81
82	6 724	551 368	9,0554	4,3445	4,40672	12,1951	257,61	6281,02	82
83	6 889	671 787	9,1104	4,3621	4,41884	12,0482	260,75	5410,61	83
84	7 056	592 704	9,1652	4,3795	4,43082	11,9048	263,89	5541,77	84
85	7 226	614 125	9,2195	4,3968	4,44265	11,7647	267,04	6674,50	85
86	7 396	636 056	9,2736	4,4140	4,45435	11,6279	270,18	6808,80	86
87	7 669	658 603	9,3274	4,4310	4,46591	11,4943	273,32	5944,68	87
88	7 744	681 472	9,3808	4,4480	4,47734	11,3636	276,46	6082,12	88
89	7 921	704 969	9,4340	4,4647	4,48864	11,2360	279,60	6221,14	89
90	8 100	729 000	9,4868	4,4814	4,49981	11,1111	282,74	6361,73	90

Продолжение табл. 16

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
91	8 281	753 571	9,5394	4,4979	4,51086	10,9890	285,88	6 503,88	91
92	8 464	778 688	9,5917	4,6144	4,52179	10,8696	289,03	6 647,61	92
93	8 649	804 357	9,6437	4,5307	4,53260	10,7527	292,17	6 792,91	93
94	8 836	830 584	9,6954	4,5468	4,54329	10,6383	295,31	6 939,78	94
95	9 025	857 375	9,7468	4,5629	4,55388	10,5263	298,45	7 088,22	95
96	9 216	884 736	9,7980	4,5789	4,56435	10,4167	301,59	7 238,23	96
97	9 409	912 673	9,8489	4,5947	4,57471	10,3093	304,73	7 389,81	97
98	9 604	941 192	9,8995	4,6104	4,58497	10,2041	307,88	7 642,96	98
99	9 801	970 229	9,9499	4,6261	4,59512	10,1010	311,02	7 697,69	99
100	10 000	1 000 000	10,0000	4,6416	4,60517	10,0000	314,16	7 853,98	100
101	10 201	1 030 301	10,0499	4,6570	4,61512	9,90099	317,30	8 011,85	101
102	10 404	1 061 208	10 0995	4,6723	4,62497	9,80392	320,44	8 171,28	102
103	10 609	1 092 727	10,1489	4,6875	4,63473	9,70874	323,58	8 332,29	103
104	10 816	1 124 864	10,1980	4,7027	4,64439	9,61538	326,73	8 494,87	104
105	11 025	1 157 625	10,2470	4,7177	4,65396	9,52381	329,87	8 659,01	105
106	11 236	1 191 016	10,2956	4,7326	4,66344	9,43396	333,01	8 824,73	106
107	11 449	1 225 043	10,3441	4,7475	4,67283	9,34579	336,15	8 992,02	107
108	11 664	1 259 712	10,3923	4,7622	4,68213	9,25926	339,29	9 160,88	108
109	11 881	1 295 029	10,4403	4,7769	4,69135	9,17431	342,43	9 331,32	109
110	12 100	1 331 000	10,4881	4,7914	4,70048	9,09091	345,58	9 503,32	110
111	12 321	1 367 631	10,5357	4,8059	4,70953	9,00901	348,72	9 676,89	111
112	12 544	1 404 928	10,5830	4,8203	4,71850	8,92857	351,86	9 852,03	112
113	12 769	1 442 897	10,6301	4,8346	4,72739	8,84956	355,00	10 028,7	113
114	12 996	1 481 544	10,6771	4,8488	4,73620	8,77193	358,14	10 207,0	114
115	13 225	1 520 875	10,7238	4,8629	4,74493	8,69565	361,28	10 386,9	115
116	13 456	1 560 896	10,7703	4,8770	4,75359	8,62069	364,42	10 568,3	116
117	13 689	1 601 613	10,8167	4,8910	4,76217	8,54701	367,57	10 751,3	117
118	13 924	1 643 032	10,8628	4,9049	4,77068	8,47458	370,71	10 935,9	118
119	14 161	1 685 159	10,9087	4,9187	4,77912	8,40336	373,85	11 122,0	119
120	14 400	1 728 000	10,9545	4,9324	4,78749	8,33333	376,99	11 309,7	120

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
121	14 641	1 771 561	11,0000	4,9461	4,79579	8,26446	380.13	11 499,0	121
122	14 884	1 815 848	11,0454	4,9597	4,80402	8,19672	383,27	11 689,9	122
123	15 129	1 860 867	11,0905	4,9732	4,81218	8,13008	386,42	11 882,3	123
124	15 376	1 906 624	11,1355	4,9866	4,82028	8,06452	389,56	12 076,3	124
125	15 625	1 953 125	11,1803	5,0000	4,82831	8,00000	392,70	12 271,8	125
126	15 876	2 000 376	11,2260	5,0133	4,83628	7,93551	395,84	12 469,0	126
127	16 129	2 048 383	11,2694	5,0266	4,84419	7,87402	398,98	12 667,7	127
128	16 384	2 097 152	11,3137	5,0397	4,85203	7,81250	402,12	12 868,0	128
129	15 641	2 146 689	11,3678	6,0528	4,85981	7,75194	405,27	13 069,8	129
130	16 900	2 197 000	11,4018	5,0658	4,86763	7,69231	408,41	13 273,2	130
131	17 161	2 248 091	11,4455	5,0788	4,87520	7,63359	411,55	13 478,2	131
132	17 424	2 299 958	11,4891	5,0916	4,88280	7,57576	414,69	13 684,8	132
133	17 689	2 362 637	11,6326	5,1045	4,89035	7,51880	417,83	13 892,9	133
134	17 956	2 406 104	11,5758	5,1172	4,89784	7,46269	420,97	14 102,6	134
135	18 225	2 460 375	11,6180	5,1299	4,90527	7,40741	424,12	14 313,9	135
136	18 496	2 616 466	11,6619	5,1426	4,91265	7,35294	427,26	14 526,7	136
137	18 769	2 571 353	11,7047	5,1651	4,91998	7,29927	430,40	14 741,1	137
138	19 044	2 628 072	11,7473	5,1676	4,92725	7,24638	433,64	14 957,1	138
139	19 321	2 685 619	11,7898	5,1801	4,93447	7,19424	436,68	15 174,7	139
140	19 600	2 744 000	11,8322	5,1925	4,94164	7,14286	439,82	15 393,8	140
141	19 881	2 803 221	11,8743	6,2048	4,94876	7,09220	442,96	15 614,5	141
142	20 164	2 863 288	11,9164	5,2171	4,95583	7,04225	446,11	15 836,8	142
143	20 449	2 924 207	11,9583	5,2293	4,96284	6,99301	449,25	16 060,6	143
144	20 736	2 985 984	12,0000	5,2415	4,96981	6,94444	452,39	16 286,0	144
145	21 025	3 048 625	12,0416	6,2536	4,97673	6,89655	455,53	16 513,0	145
146	21 316	3 112 136	12,0830	5,2656	4,98361	6,84932	458,57	16 741,6	146
147	21 609	3 176 523	12,1244	5,2776	4,99043	6,80272	461,81	16 971,7	147
148	21 904	3 241 792	12,1655	5,2896	4,99721	6,76676	464,96	17 203,4	148
149	22 201	3 307 949	12,2066	5,3015	5,00395	6,71141	468,10	17 436,6	149
150	22 500	3 375 000	12,2474	5,3133	5,01064	6,66667	471,24	17 671,5	160

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
151	22 801	3 442 951	12,2882	5,3251	5,01728	6,62252	474,38	17 907,9	151
152	23 104	3 511 808	12,3288	5,3368	5,02388	6,57895	477,52	18 145,8	152
153	23 409	3 581 577	12,3693	5,3485	5,03044	6,53595	480,66	18 385,4	153
154	23 716	3 652 264	12,4097	5,3601	5,03695	6,49351	483,81	18 626,5	154
155	24 025	3 723 875	12,4499	5,3717	5,04343	6,45161	486,95	18 869,2	155
156	24 336	3 796 416	12,4900	5,3832	5,04986	6,41026	490,09	19 113,4	156
157	24 649	3 869 893	12,5300	5,3947	5,05625	6,36943	493,23	19 359,3	157
158	24 964	3 944 312	12,5698	5,4061	5,06260	6,32911	496,37	19 606,7	158
159	25 281	4 019 679	12,6095	5,4175	5,06890	6,28931	499,51	19 855,7	159
160	25 600	4 096 000	12,6491	5,4288	5,07517	6,25000	502,65	20 106,2	160
161	25 921	4 173 281	12,6886	5,4401	5,08140	6,21118	505,80	20 358,3	161
162	26 244	4 251 528	12,7279	5,4514	5,08760	6,17284	508,94	20 612,0	162
163	26 569	4 330 747	12,7671	5,4626	5,09375	6,13497	512,08	20 867,2	163
164	26 896	4 410 944	12,8062	5,4737	5,09987	6,09756	515,22	21 124,1	164
165	27 225	4 492 125	12,8452	5,4848	5,10595	6,06061	518,36	21 382,5	165
166	27 556	4 574 296	12,8841	5,4959	5,11199	6,02410	521,50	21 642,4	166
167	27 889	4 657 463	12,9228	5,5069	5,11799	5,98802	524,65	21 904,0	167
168	28 224	4 741 632	12,9615	5,5178	5,12396	5,95238	527,79	22 167,1	168
169	28 561	4 826 809	13,0000	5,5288	5,12990	5,91716	530,93	22 431,8	169
170	28 900	4 913 000	13,0384	5,5397	5,13580	5,88235	534,07	22 698,0	170
171	29 241	5 000 211	13,0767	5,5505	5,14166	5,84795	537,21	22 965,8	171
172	29 584	5 088 448	13,1149	5,5613	5,14749	5,81395	540,35	23 235,2	172
173	29 929	5 177 717	13,1529	5,5721	5,15329	5,78035	543,50	23 506,2	173
174	30 276	5 268 024	13,1909	5,5828	5,15906	5,74713	546,64	23 778,7	174
175	30 625	5 359 375	13,2288	5,5934	5,16479	5,71429	549,78	24 052,8	175
176	30 976	5 451 776	13,2665	5,6041	5,17048	5,68182	552,92	24 328,5	176
177	31 329	5 545 233	13,3041	5,6147	5,17615	5,64972	556,06	24 605,7	177
178	31 684	5 639 752	13,3417	5,6252	5,18178	5,61798	559,20	24 884,6	178
179	32 041	5 735 339	13,3791	5,6357	5,18739	5,58659	562,35	25 164,9	179
180	32 400	5 832 000	13,4164	5,6462	5,19296	5,55556	565,49	25 446,9	180

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
181	32 761	5 929 741	13,4536	5,6567	5,19850	5,52486	568,63	25 730,4	181
182	33 124	6 028 568	13,4907	5,6671	5,20401	5,49451	571,77	26 015,5	182
183	33 489	6 128 487	13,5277	5,6774	5,20949	5,46448	574,91	26 302,2	183
184	33 856	6 229 504	13,5647	5,6877	5,21494	5,43478	578,05	26 590,4	184
185	34 225	6 331 625	13,6015	5,6980	5,22036	5,40541	581,19	26 880,3	185
186	34 596	6 434 856	13,6882	5,7083	5,22575	5,37634	584,34	27 171,6	186
187	34 969	6 539 203	13,6748	5,7185	5,23111	5,34759	587,48	27 464,6	187
188	35 344	6 644 672	13,7113	5,7287	5,23644	5,31915	590,62	27 759,1	188
189	35 721	6 751 269	13,7477	5,7388	5,24175	5,29101	593,76	28 055,2	189
190	36 100	6 859 000	13,7840	5,7489	5,24702	5,26316	596,90	28 352,9	190
191	36 481	6 967 871	13,8203	5,7590	5,25227	5,23560	600,04	28 652,1	191
192	36 864	7 077 888	13,8564	5,7690	5,25750	5,20833	603,19	28 952,9	192
193	37 249	7 189 057	13,8924	5,7790	5,26269	5,18135	606,33	29 255,3	193
194	37 636	7 301 384	13,9284	5,7890	5,26786	5,15464	609,47	29 559,2	194
195	38 025	7 414 875	13,9642	5,7989	5,27300	5,12821	612,61	29 864,8	195
196	38 416	7 529 536	14,0000	5,8088	5,27811	5,10204	615,75	30 171,9	196
197	38 809	7 645 373	14,0357	5,8186	5,28320	5,07614	618,89	30 480,5	197
198	39 204	7 762 392	14,0712	5,8285	5,28827	5,05051	622,04	30 790,7	198
199	39 601	7 880 599	14,1067	5,8383	5,29330	5,02513	625,18	31 102,6	199
200	40 000	8 000 000	14,1421	5,8480	5,29832	5,00000	628,32	31 415,9	200
201	40 401	8 120 601	14,1774	5,8578	5,30330	4,97512	631,46	31 730,9	201
202	40 804	8 242 408	14,2127	5,8675	5,30827	4,95050	634,60	32 047,4	202
203	41 209	8 365 427	14,2478	5,8771	5,31321	4,92611	637,74	32 365,5	203
204	41 616	8 489 664	14,2829	5,8868	5,31812	4,90196	640,88	32 685,1	204
205	42 025	8 615 125	14 3178	5,8964	5,32301	4,87805	644,03	33 006,4	205
206	42 436	8 741 816	14,3527	5,9059	5,32788	4,85437	647,17	33 329,2	206
207	42 849	8 869 743	14,3875	5,9155	5,33272	4,83092	650,31	33 653,5	207
208	43 264	8 998 912	14,4222	5,9250	5,33754	4,80769	653,45	33 979,5	208
209	43 681	9 129 329	14,4568	5,9345	5,34233	4,78469	656,59	34 307,0	209
210	44 100	9 261 000	14,4914	5,9439	5,34711	4,76190	659,73	34 636,1	210

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
211	44 521	9 393 931	14,5258	5,9533	5,35186	4,73934	662,88	34 966,7	211
212	44 944	9 528 128	14,5602	5,9627	5,35659	4,71698	666,02	35 298,9	212
213	45 369	9 663 597	14,5945	5,9721	5,36129	4,69484	669,16	35 632,7	213
214	45 796	9 800 344	14,6287	5,9814	5,36598	4,67290	672,30	35 968,1	214
215	46 225	9 938 375	14,6629	5,9907	5,37064	4,65116	675,44	36 305,0	215
216	46 656	10 077 696	14,6969	6,0000	5,37528	4,62963	678,58	36 643,5	216
217	47 089	10 218 313	14,7309	6,0092	5,37990	4,60829	681,73	36 983,6	217
218	47 524	10 360 232	14,7648	6,0185	5,38450	4,58716	684,87	37 325,3	218
219	47 961	10 503 459	14,7986	6,0277	5,38907	4,56621	688,01	37 668,5	219
220	48 400	10 648 000	14,8324	6,0368	5,39363	4,54645	691,15	38 013,3	220
221	48 841	10 793 861	14,8661	6,0459	6,39816	4,52489	694,29	38 359,6	221
222	49 284	10 941 048	14,8997	6,0550	5,40268	4,50450	697,43	38 707,6	222
223	49 729	11 089 567	14,9332	6,0641	5,40717	4,48430	700,58	39 057,1	223
224	60 176	11 239 424	14,9666	6,0732	5,41166	4,46429	703,72	39 408,1	224
225	60 625	11 390 625	16,0000	6,0822	5,41610	4,44444	706,86	39 760,8	225
226	51 076	11 543 176	15,0333	6,0912	5,42053	4,42478	710,00	40 115,0	226
227	51 529	11 697 083	15,0665	6,1002	6,42495	4,40529	713,14	40 470,8	227
228	51 984	11 852 352	15,0997	6,1091	5,42935	4,38596	716,28	40 828,1	228
229	52 441	12 008 989	15,1327	6,1180	6,43372	4,36681	719,42	41 187,1	229
230	52 900	12 167 000	15,1658	6,1269	5,43808	4,34783	722,57	41 547,6	230
231	53 361	12 326 391	15,1987	6,1358	6,44242	4,32900	725,71	41 909,6	231
232	53 824	12 487 168	15,2315	6,1446	5,44674	4,31034	728,85	42 273,3	232
233	54 289	12 649 337	16,2643	6,1534	5,45104	4,29185	731,99	42 638,5	233
234	54 756	12 812 904	15,2971	6,1622	5,45632	4,27350	735,13	43 005,3	234
235	55 225	12 977 875	15,3297	6,1710	5,46959	4,25632	738,27	43 373,6	235
236	55 696	13 144 256	15,3623	6,1797	6,46383	4,23729	741,42	43 743,5	236
237	66 169	13 312 053	15,3948	6,1885	6,46806	4,21941	744,56	44 115,0	237
238	66 644	13 481 272	16,4272	6,1972	6,47227	4,20168	747,70	44 488,1	238
239	57 121	13 651 919	16,4596	6,2058	6,47646	4,18410	750,84	44 862,7	239
240	57 600	13 824 000	15,4919	6,2145	5,48064	4,16667	753,98	45 238,9	240

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
241	58 081	13 997 521	15,5242	6,2231	5,48480	4,14938	757,12	45 616,7	241
242	58 564	14 172 488	15,5563	6,2317	5,48894	4,13223	760,27	45 996,1	242
243	59 049	14 348 907	15,5885	6,2403	5,49306	4,11523	763,41	46 377,0	243
244	59 536	14 526 787	15,6205	6,2488	5,49717	4,09836	766,55	46 759,5	244
245	60 025	14 706 125	15,6525	6,2573	5,50126	4,08163	769,69	47 143,5	245
246	60 516	14 886 936	15,6744	6,2658	5,60633	4,06504	772,83	47 529,2	246
247	61 009	15 069 223	15,7162	6,2743	5,50939	4,04858	775,97	47 916,4	247
248	61 504	15 252 992	15,7480	6,2828	5,51343	4,03226	779,11	48 305,1	248
249	62 001	15 438 249	15,7797	6,2912	5,51745	4,01606	782,21	48 695,5	249
250	62 500	15 625 000	15,8114	6,2996	5,52146	4,00000	785,40	49 087,4	250
251	63 001	15 813 251	15,8430	6,3080	5,52545	3,98406	788,64	49 480,9	251
252	63 504	16 003 008	15,8745	6,3164	5,52943	3,96825	791,68	49 875,9	252
253	64 009	16 194 277	15,9060	6,3247	5,53339	3,95257	794,82	50 272,6	253
254	64 516	16 387 064	15,9374	6,3330	5,53733	3,93701	797,96	60 670,7	254
255	65 025	16 581 375	15,9687	6,3413	5,54126	3,92157	801,11	51 070,5	255
256	65 536	16 777 216	16,0000	6,3496	5,54518	3,90625	804,25	51 471,9	256
257	66 049	16 974 593	16,0312	6,3679	6,54908	3,89105	807,39	51 874,8	257
258	66 564	17 173 512	16,0624	6,3661	5,55296	3,87597	810,53	52 279,2	258
259	67 081	17 373 979	16,0935	6,3743	5,55683	3,86100	813,67	52 685,3	259
260	67 600	17 576 000	16,1245	6,3825	5,56068	3,84615	816,81	53 092,9	260
261	68 121	17 779 581	16,1555	6,3907	5,56452	3,83142	819,96	53 502,1	261
262	68 644	17 984 728	16,1864	6,3988	5,56834	3,81679	823,10	53 812,9	262
263	69 169	18 191 447	16,2173	6,4070	5,57215	3,80228	826,24	54 325,2	263
264	69 696	18 399 744	16,2481	6,4151	5,57595	3,78788	829,38	54 739,1	264
265	70 225	18 609 625	16,2788	6,4232	5,57973	3,77358	832,52	55 154,6	265
266	70 766	18 821 096	16,3095	6,4312	5,58350	3,75940	835,66	55 571,6	266
267	71 289	19 034 163	16,3401	6,4393	5,58725	3,74532	838,81	55 990,2	267
268	71 824	19 248 832	16,3707	6,4473	5,59099	3,73134	841,95	56 410,4	268
269	72 361	19 465 109	16,4012	6,4553	5,59471	3,71747	845,09	56 832,2	269
270	72 900	19 683 000	16,4317	6,4633	5,59842	3,70370	848,23	57 255,5	270

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
271	73 441	19 902 511	16,4621	6,4713	5,60212	3,69004	851,37	57 680,4	271
272	73 984	20 123 648	16,4924	6,4792	5,60580	3,67647	854,51	58 106,9	272
273	74 529	20 346 417	16,6227	6,4872	5,60947	3,66300	857,65	58 534,9	273
274	75 076	20 570 824	16,5529	6,4951	5,61313	3,64964	860,80	58 964,6	274
275	75 625	20 796 875	16,5831	6,5030	5,61677	3,63636	863,94	59 395,7	275
276	76 176	21 024 576	16,6132	6,5108	5,62040	3,62319	867,08	59 828,5	276
277	76 729	21 253 933	16,6433	6,5187	5,62402	3,61011	870,22	60 262,8	277
278	77 284	21 484 952	16,6733	6,5265	5,62762	3,59712	873,36	60 698,7	278
279	77 841	21 717 639	16,7033	6,5343	5,63121	3,58423	876,50	61 136,2	279
280	78 400	21 952 000	16,7332	6,6421	5,63479	3,57143	879,65	61 575,2	280
281	78 961	22 188 041	16,7631	6,5499	5,63835	3,66872	882,79	62 015,8	281
282	79 524	22 425 768	16,7929	6,6677	5,64191	3,54610	885,93	62 458,0	282
283	80 089	22 665 187	16,8226	6,5654	6,64545	3,53357	889,07	62 901,8	283
284	80 656	22 906 304	16,8523	6,5731	5,64897	3,52113	892,21	63 347,1	284
285	81 225	23 149 125	16,8819	6,5808	5,65249	3,50877	896,35	63 794,0	285
286	81 796	23 393 656	16,9115	6,5885	5,65599	3,49650	898,50	64 242,4	286
287	82 369	23 639 903	16,9411	6,5962	5,65948	3,48432	901,64	64 692,5	287
288	82 944	23 887 872	16,9706	6,6039	5,66296	3,47222	904,78	65 144,1	288
289	83 521	24 137 569	17,0000	6,6115	5,66643	3,46021	907,92	65 597,2	289
290	84 100	24 386 000	17,0294	6,6191	5,66988	3,44828	911,06	66 052,0	290
291	84 681	24 642 171	17,0587	6,6267	5,67332	3,43643	914,20	66 508,3	291
292	85 264	24 897 088	17,0880	6,6343	5,67675	3,42466	917,35	66 966,2	292
293	85 849	25 153 757	17,1172	6,6418	5,68017	3,41297	920,49	67 426,6	293
294	86 436	25 412 184	17,1464	6,6494	6,68358	3,40136	923,63	67 886,7	294
295	87 025	25 672 375	17,1756	6,6569	5,68698	3,38983	926,77	68 349,3	296
296	87 616	25 934 336	17,2047	6,6644	5,69036	3,37838	929,91	68 813,4	296
297	88 209	26 198 073	17,2337	6,6719	5,69373	3,36700	933,05	69 279,2	297
298	88 804	26 463 592	17,2627	6,6794	5,69709	3,36570	936,19	69 746,5	298
299	89 401	26 730 899	17,2916	6,6869	6,70044	3,33448	939,34	70 216,4	299
300	90 000	27 000 000	17,3205	6,6943	5,70378	3,33333	942,48	70 685,8	300

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
301	90 601	27 270 901	17,3494	6,7018	5,70711	3,32226	945,62	71 167,9	301
302	91 204	27 543 608	17,3781	6,7092	5,71043	3,31126	948,76	71 631,5	302
303	91 809	27 818 127	17,4069	6,7166	5,71373	3,30033	951,90	72 106,6	303
304	92 416	28 094 464	17,4356	6,7240	5,71703	3,28947	955,04	72 583,4	304
305	93 025	28 372 625	17,4642	6,7313	5,72031	3,27869	958,19	73 061,7	305
306	93 636	28 652 616	17,4929	6,7387	5,72359	3,26797	961,33	73 541,5	306
307	94 249	28 934 443	17,5214	6,7460	5,72685	3,25733	964,47	74 023,0	307
308	94 864	29 218 112	17,5499	6,7533	5,73010	3,24675	967,61	74 506,0	308
309	95 481	29 503 629	17,5784	6,7606	5,73334	3,23625	970,75	74 990,6	309
310	96 100	29 791 000	17,6068	6,7679	5,73657	3,22581	973,89	75 476,8	310
311	96 721	30 080 231	17,6352	6,7752	6,73979	3,21543	977,04	75 964,6	311
312	97 344	30 371 328	17,6635	6,7824	5,74300	3,20513	980,18	76 453,8	312
313	97 969	30 664 297	17,6918	6,7897	6,74620	3,19489	983,32	76 944,7	313
314	98 596	30 959 144	17,7200	6,7969	5,74939	3,18471	986,46	77 437,1	314
316	99 225	31 255 875	17,7482	6,8041	5,75257	3,17460	989,60	77 931,1	315
316	99 856	31 554 496	17,7764	6,8113	5,75574	3,16456	992,74	78 426,7	316
317	100 489	31 855 013	17,8045	6,8185	5,75890	3,15457	995,88	78 923,9	317
318	101 124	32 157 432	17,8326	6,8256	5,76205	3,14465	999,03	79 422,6	318
319	101 761	32 461 759	17,8606	6,8328	5,76519	3,13480	1002,2	79 922,9	319
320	102 400	32 768 000	17,8885	6,8399	5,76832	3,12500	1005,3	80 424,8	320
321	103 041	33 076 161	17,9165	6,8470	5,77144	3,11626	1008,5	80 928,2	321
322	103 684	33 386 248	17,9444	6,8541	5,77455	3,10559	1011,6	81 433,2	322
323	104 329	33 698 267	17,9722	6,8612	5,77765	3,09598	1014,7	81 939,8	323
324	104 976	34 012 224	18,0000	6,8683	5,78074	4,08642	1017,9	82 448,0	324
325	105 625	34 328 125	18,0278	6,8753	5,78383	3,07692	1021,0	82 957,7	325
326	106 276	34 646 976	18,0555	6,8824	5,78690	4,06748	1024,2	83 469,0	326
327	106 929	34 965 783	18,0831	6,8894	5,78996	3,05810	1027,3	83 981,8	327
328	107 584	35 287 552	18,1108	6,8964	5,79301	3,04878	1030,4	84 496,3	328
329	108 241	35 611 289	18,1384	6,9034	6,79606	3,03961	1033,6	85 012,3	329
330	108 900	36 937 000	18,1659	6,9104	5,79909	3,03030	1036,7	85 529,9	330

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
331	109 561	36 264 691	18,1934	6,9174	5,80212	3,02115	1039,9	86 049,0	331
332	110 224	36 594 368	18,2209	6,9244	5,80513	3,01205	1043,0	86 569,7	332
333	110 889	36 926 037	18,2483	6,9313	5,80814	3,00300	1046,2	87 092,0	333
334	111 556	37 259 704	18,2757	6,9382	5,81114	2,99401	1049,3	87 615,9	334
335	112 225	37 595 375	18,3030	6,9451	5,81413	2,98507	1052,4	88 141,3	335
336	112 896	37 933 056	18,3303	6,9521	5,81711	2,97619	1055,6	88 668,3	336
337	113 569	38 272 753	18,3576	6,9589	5,82008	2,96736	1058,7	89 196,9	337
338	114 244	38 614 472	18,3848	6,9658	5,82305	2,95858	1061,9	89 727,0	338
339	114 921	38 958 219	18,4120	6,9727	5,82600	2,94985	1065,0	90 258,7	339
340	115 600	39 304 000	18,4391	6,9795	5,82895	2,94118	1068,1	90 792,0	340
341	116 281	39 651 821	18,4662	6,9864	5,83188	2,93255	1071,3	91 326,9	341
342	116 964	40 001 688	18,4932	6,9932	5,83481	2,92398	1074,4	91 863,3	342
343	117 649	40 353 607	18,5203	7,0000	5,83773	2,91545	1077,6	92 401,3	343
344	118 336	40 707 584	18,5472	7,0068	5,84064	2,90698	1080,7	92 940,9	344
345	119 025	41 063 625	18,5742	7,0136	5,84354	2,89855	1083,8	93 482,0	345
346	119 716	41 421 736	18,6011	7,0203	5,84644	2,89017	1087,0	94 024,7	346
347	120 409	41 781 923	18,6279	7,0271	5,84932	2,88184	1090,1	94 569,0	347
348	121 104	42 144 192	18,6548	7,0338	5,85220	2,87356	1093,3	95 114,9	348
349	121 801	42 508 549	18,6815	7,0406	5,85507	2,86533	1096,4	95 662,3	349
350	122 500	42 845 000	18,7083	7,0473	5,85793	2,85714	1099,6	96 211,3	350
351	123 201	43 243 551	18,7350	7,0540	5,86079	2,84900	1102,7	96 761,8	351
352	123 904	43 614 208	18,7617	7,0607	5,86363	2,84091	1105,8	97 314,0	352
353	124 609	43 986 977	18,7883	7,0674	5,86647	2,83286	1109,0	97 867,7	353
354	125 316	44 361 864	18,8149	7,0740	5,86930	2,82486	1112,1	98 423,0	354
355	126 025	44 738 875	18,8414	7,0807	5,87212	2,81690	1115,3	98 979,8	355
356	126 736	45 118 016	18,8680	7,0873	5,87493	2,80899	1118,4	99 538,2	356
357	127 449	45 499 293	18,8944	7,0940	5,87774	2,80112	1121,5	100 098	357
358	128 164	45 882 712	18,9209	7,1006	5,88053	2,79330	1124,6	100 660	358
359	128 881	46 268 279	18,9473	7,1072	5,88332	2,78552	1127,8	101 223	359
360	129 600	46 656 000	18,9737	7,1138	5,88610	2,77778	1131,0	101 788	360

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
361	130 321	47 045 881	19,0000	7,1204	5,88888	2,77008	1134,1	102 354	361
362	131 044	47 437 928	19,0263	7,1269	5,89164	2,76243	1137,3	102 922	362
363	131 769	47 832 147	19,0526	7,1335	5,89440	2,75482	1140,4	103 491	363
364	132 496	48 228 544	19,0788	7,1400	5,89715	2,74725	1143,5	104 062	364
365	133 225	48 627 125	19,1050	7,1466	5,89990	2,73973	1146,7	104 635	365
366	133 956	49 027 896	19,1311	7,1531	5,90263	2,73224	1149,8	105 209	366
367	134 689	49 430 863	19,1572	7,1596	5,90536	2,72480	1153,0	105 784	367
368	135 424	49 836 032	19,1833	7,1661	5,90808	2,71739	1156,1	106 362	368
369	136 161	50 243 409	19,2094	7,1726	6,91080	2,71003	1159,2	106 941	369
370	136 900	50 653 000	19,2354	7,1761	5,91350	2,70270	1162,4	107 521	370
371	137 641	51 064 811	19,2614	7,1855	5,91620	2,69542	1165,5	108 113	371
372	138 384	51 478 848	19,2873	7,1920	5,91889	2,68817	1168,7	108 687	372
373	139 129	51 895 117	19,3132	7,1984	5,92158	2,68097	1171,8	109 272	373
374	139 876	52 313 624	19,3391	7,2048	5,92426	2,67380	1175,0	109 858	374
375	140 625	52 734 375	19,3649	7,2112	5,92693	2,66667	1178,1	110 447	375
376	141 376	53 157 376	19,3907	7,2177	5,92959	2,65957	1181,2	111 036	376
377	142 129	53 582 633	19,4165	7,2240	5,93225	2,65252	1184,4	111 628	377
378	142 884	54 010 152	19,4422	7,2304	5,93489	2,64550	1187,5	112 221	378
379	143 641	54 439 939	19,4679	7,2368	5,93754	2,63852	1190,7	112 815	379
380	144 400	54 872 000	19,4936	7,2432	5,94017	2,63158	1193,8	113 411	380
381	145 161	55 306 341	19,5192	7,2495	5,94280	2,62467	1196,9	114 009	381
382	145 924	55 742 968	19,5448	7,2558	5,94542	2,61780	1200,1	114 608	382
383	146 689	56 181 887	19,5704	7,2622	5,94803	2,61097	1203,2	115 209	383
384	147 456	56 623 104	19,5959	7,2685	5,95064	2,60417	1206,4	115 812	384
385	148 225	57 066 625	19,6214	7,2748	5,95324	2,59740	1209,5	116 416	385
386	148 996	57 512 456	19,6469	7,2811	5,95584	2,59067	1212,7	117 021	386
387	149 769	57 960 603	19,6723	7,2874	5,95842	2,58398	1215,8	117 628	387
388	150 544	58 411 072	19,6977	7,2936	5,96101	2,57732	1218,9	118 237	388
389	151 321	58 863 869	19,7231	7,2999	5,96358	2,57069	1222,1	118 847	389
390	152 100	59 319 000	19,7484	7,3061	5,96615	2,56410	1225,2	119 459	390

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
391	152 881	59 776 471	19,7737	7,3124	5,96871	2,55754	1228,4	120 072	391
392	153 664	60 236 288	19,7990	7,3186	5,97126	2,55102	1231,5	120 687	392
393	154 449	60 698 457	19,8242	7,3248	5,97381	2,54453	1234,6	121 304	393
394	155 236	61 162 984	19,8494	7,3310	5,97635	2,53807	1237,8	121 922	394
395	156 025	61 629 875	19,8746	7,3372	5,97889	2,53165	1240,9	122 542	395
396	156 816	62 099 136	19,8997	7,3434	5,98141	2,52525	1244,1	123 163	396
397	157 609	62 570 773	19,9249	7,3496	5,98394	2,51889	1247,2	123 786	397
398	158 404	63 044 792	19,9499	7,3558	5,98645	2,51256	1250,4	124 410	398
399	159 201	63 521 199	19,9750	7,3619	5,98896	2,50627	1253,5	125 036	399
400	160 000	64 000 000	20,0000	7,3681	5,99146	2,50000	1256,6	125 664	400
401	160 801	64 481 201	20,0250	7,3742	5,99396	2,49377	1259,8	126 293	401
402	161 604	64 964 808	20,0499	7,3803	5,99645	2,48756	1262,9	126 923	402
403	162 409	65 450 827	20,0749	7,3864	5,99894	2,48139	1266,1	127 556	403
404	163 216	65 939 264	20,0998	7,3925	6,00141	2,47525	1269,2	128 190	404
405	164 025	66 430 125	20,1246	7,3986	6,00389	2,46914	1272,3	128 825	405
406	164 836	66 923 416	20,1494	7,4047	6,00635	2,46305	1275,5	129 462	406
407	165 649	67 419 143	20,1742	7,4108	6,00881	2,45700	1278,6	130 100	407
408	166 464	67 917 312	20,1990	7,4169	6,01127	2,45098	1281,8	130 741	408
409	167 281	68 417 929	20,2237	7,4229	6,01372	2,44499	1284,9	131 382	409
410	168 100	68 921 000	20 2485	7,4290	6,01616	2,43902	1288,1	132 025	410
411	168 921	69 426 531	20,2731	7,4350	6,01859	2,43309	1291,2	132 670	411
412	169 744	69 934 528	20 2978	7,4410	6,02102	2,42718	1294,3	133 317	412
413	170 569	70 444 997	20,3224	7,4470	6,02345	2,42131	1297,5	133 965	413
414	171 396	70 957 944	20,3470	7,4530	6,02587	2,41546	1300,6	134 614	414
415	172 225	71 473 375	20,3715	7,4590	6,02828	2,40964	1303,8	135 265	415
416	173 056	71 991 296	20,3961	7,4650	6,03069	2,40385	1306,9	135 918	416
417	173 889	72 511 713	20,4206	7,4710	6,03309	2,39808	1310,0	136 572	417
418	174 724	73 034 632	20,4450	7,4770	6,03548	2,39234	1313,2	137 228	418
419	175 561	73 560 059	20,4695	7,4829	6,03787	2,38663	1316,3	137 885	419
420	176 400	74 088 000	20,4939	7,4889	6,04025	2,38095	1319,5	138 544	420

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
421	177 241	74 618 461	20,5183	7,4948	6,04263	2,37530	1322,6	139 206	421
422	178 084	75 151 448	20,5426	7,5007	6,04501	2,36967	1325,8	139 867	422
423	178 929	75 686 967	20,5670	7,5067	6,04737	2,36407	1328,9	140 531	423
424	179 776	76 225 024	20,5913	7,5126	6,04973	2,35849	1332,0	141 196	424
425	180 626	76 765 625	20,6155	7,5185	6,05209	2,35294	1335,2	141 863	425
426	181 476	77 308 776	20,6398	7,5244	6,05444	2,34742	1338,3	142 531	426
427	182 329	77 854 483	20,6640	7,5302	6,05678	2,34192	1341,5	143 201	427
428	183 184	78 402 752	20,6882	7,6361	6,05912	2,33645	1344,6	143 872	428
429	184 041	78 953 689	20,7123	7,5420	6,06146	2,33100	1347,7	144 545	429
430	184 900	79 507 000	20,7364	7,5478	6,06379	2,32558	1350,9	145 220	430
431	185 761	80 062 991	20,7605	7,5537	6,06611	2,32019	1354,0	145 896	431
432	186 624	80 621 568	20,7846	7,5695	6,06843	2,31481	1357,2	146 574	432
433	187 489	81 182 737	20,8087	7,5654	6,07074	2,30947	1360,3	147 254	433
434	188 356	81 746 504	20,8327	7,6712	6,07304	2,30415	1363,5	147 934	434
435	189 225	82 312 875	20,8567	7,6770	6,07535	2,29885	1366,6	148 617	435
436	190 096	82 881 856	20,8806	7,5828	6,07764	2,29358	1369,7	149 301	436
437	190 969	83 453 453	20,9045	7,5886	6,07993	2,28833	1372,9	149 987	437
438	191 844	84 027 672	20,9284	7,5944	6,08222	2,28311	1376,0	150 674	438
439	192 721	84 604 519	20,9523	7,6001	6,08450	2,27790	1379,2	151 363	439
440	193 600	85 184 000	20,9762	7,6059	6,08677	2,27273	1382,3	152 053	440
441	194 481	85 766 121	21,0000	7,6117	6,08904	2,26757	1385,4	152 745	441
442	195 364	86 360 888	21,0238	7,6174	6,09131	2,26244	1388,6	153 439	442
443	196 249	86 938 307	21,0476	7,6232	6,09357	2,25734	1391,7	154 134	443
444	197 136	87 528 384	21,0713	7,6289	6,09582	2,25225	1394,9	154 830	444
445	198 025	88 121 125	21,0950	7,6346	6,09807	2,24719	1398,0	155 528	445
446	198 916	88 716 536	21,1187	7,6403	6,10032	2,24215	1401,2	156 228	446
447	199 809	89 314 623	21,1424	7,6460	6,10256	2,23714	1404,3	156 930	447
448	200 704	89 916 392	21,1660	7,6617	6,10479	2,23214	1407,4	157 633	448
449	201 601	90 518 849	21,1896	7,6574	6,10702	2,22717	1410,6	168 337	449
450	202 500	91 125 000	21,2132	7,6631	6,10925	2,22222	1413,7	169 043	450

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
451	203 401	91 733 851	21,2368	7,6688	6,11147	2,21729	1416,9	159 751	451
452	204 304	92 345 408	21,2603	7,6744	6,11368	2,21239	1420,0	160 460	452
453	205 209	92 959 677	21,2838	7,6801	6,11589	2,20751	1423,1	161 171	453
454	206 116	93 576 664	21,3073	7,6857	6,11810	2,20264	1426,3	161 883	454
455	207 025	94 196 375	21,3307	7,6914	6,12030	2,19780	1429,4	162 597	455
456	207 936	94 818 816	21,3542	7,6970	6,12249	2,19298	1432,6	163 313	456
457	208 849	95 443 993	21,3776	7,7026	6,12468	2,18818	1435,7	164 030	457
458	209 769	96 071 912	21,4009	7,7082	6,12687	2,18341	1438,8	164 748	458
459	210 681	96 702 579	21,4243	7,7138	6,12905	2,17865	1442,0	165 468	459
460	211 600	97 336 000	21,4476	7,7194	6,13123	2,17391	1445,1	166 190	460
461	212 521	97 972 181	21,4709	7,7250	6,13340	2,16920	1448,3	166 914	461
462	213 444	98 611 128	21,4942	7,7306	6,13556	2,16450	1451,4	167 639	462
463	214 369	99 252 847	21,5174	7,7362	6,13773	2,15983	1454,6	168 365	463
464	215 296	99 897 344	21 5407	7,7418	6,13988	2,15517	1457,7	169 093	464
465	216 225	100 544 625	21,5639	7,7473	6,14204	2,15054	1460,8	169 823	465
466	217 156	101 194 696	21,5870	7,7529	6,14419	2,14592	1464,0	170 554	466
467	218 089	101 847 563	21,6102	7,7584	6,14633	2,14133	1467,1	171 287	467
468	219 024	102 503 232	21,6333	7,7639	6,14847	2,13675	1470,3	172 021	468
469	219 961	103 161 709	21,6564	7,7695	6,15060	2,13220	1473,4	172 757	469
470	220 900	103 823 000	21,6795	7,7750	6,15273	2,12766	1476,5	173 494	470
471	221 841	104 487 111	21,7025	7,7805	6,15486	2,12314	1479,7	174 237	471
472	222 784	105 154 048	21,7256	7,7860	6,15698	2,11864	1482,8	174 974	472
473	223 729	105 823 817	21 7486	7,7915	6,15910	2,11416	1486,0	175 716	473
474	224 676	106 496 424	21,7715	7,7970	6,16121	2,10970	1489,1	176 460	474
475	225 625	107 171 875	21,7945	7,8025	6,16331	2,10526	1492,3	177 205	475

Продолжение табл. 15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
476	226 576	107 850 176	21,8174	7,8079	6,16542	2,10084	1495,4	177 952	476
477	227 529	108 531 333	21,8403	7,8134	6,16752	2,09644	1498,5	178 701	477
478	228 484	109 215 352	21,8632	7,8188	6,16961	2,09205	1501,7	179 451	478
479	229 441	109 902 239	21,8861	7,8243	6,17170	2,08768	1504,8	180 203	470
480	230 400	110 592 000	21,9089	7,8297	6,17379	2,08333	1508,0	180 956	489
481	231 361	111 284 641	21,9317	7,8352	6,17587	2,07900	1511,1	181 711	481
482	232 324	111 980 168	21,9545	7,8406	6,17794	2,07469	1514,2	182 487	482
483	233 289	112 678 587	21,9779	7,8460	6,18002	2,07039	1517,4	183 225	483
484	234 256	113 379 904	22,0000	7,8514	6,18208	2,06612	1520,5	183 984	484
485	235 225	114 084 125	22,0227	7,8568	6,18415	2,08186	1523,7	184 745	485
486	236 196	114 791 256	22,0454	7,8822	6,18621	2,05761	1526,8	185 508	486
487	237 169	115 501 303	22,0681	7,8676	6,18826	2,05339	1530,0	186 272	487
488	238 144	116 214 272	22,0907	7,8730	6,19032	2,04918	1533,1	187 038	488
489	239 121	116 930 169	22,1133	7,8784	6,19236	2,04499	1536,2	187 805	489
490	240 100	117 649 000	22,1359	7,8837	6,19441	2,04082	1539,4	188 574	490
491	241 081	118 370 771	22,1585	7,8891	6,19644	2,03666	1542,5	189 345	491
492	242 064	119 095 488	22,1811	7,8944	6,19848	2,03252	1545,7	190 117	492
493	243 049	119 823 157	22,2036	7,8998	6,20051	2,02840	1548,8	190 890	493
494	244 036	120 553 784	22,2261	7,9051	6,20254	2,02429	1551,9	191 665	494
495	245 025	121 287 375	22,2486	7,9105	6,20456	2,02020	1555,1	192 442	495
496	246 016	122 023 936	22,2711	7,9158	6,20658	2,01613	1558,2	193 221	496
497	247 009	122 763 473	22,2935	7,9211	6,20859	2,01207	1561,4	194 000	497
498	248 004	123 505 992	22,3159	7,9264	6,21060	2,00803	1564,5	194 782	498
499	249 001	124 251 499	22,3383	7,9317	6,21261	2,00401	1567,7	195 565	499
500	250 000	125 000 000	22,3607	7,9370	6,21461	2,00000	1570,8	196 350	500

Продолжение табл. 15

Примечания: 1. В графах n^2; n^3; $\sqrt{n}$ и $\sqrt[3]{n}$ приведены значения квадратов, кубов, корней квадратных и кубических чисел n от 1 до 500. Для нахождения этих значений чисел, меньших 1 и больших 500, достаточно представить число как произведение или частное чисел, входящих в таблицу и произвести вычисления с учетом данных таблицы.

Примеры:

$$0{,}03^2 = \left(\frac{3}{100}\right)^2 = \frac{3^2}{100^2} = 0{,}0009;$$

$$\sqrt[3]{\frac{8}{27}} = \frac{\sqrt[3]{8}}{\sqrt[3]{27}} = \frac{2}{3};$$

$$1472^2 = (368 \cdot 4)^2 = 368^2 \cdot 4^2 = 135\,424 \cdot 16 = 2\,166\,784.$$

Аналогичным образом находят значения степеней и корней дробных чисел, например:

$$\sqrt{5{,}67} = \sqrt{567 : 100} = \sqrt{567} : \sqrt{100} = \text{и т. д.}$$

2. В графе $\ln n$ приведены натуральные логарифмы чисел. Логарифмы чисел, не вошедших в таблицу, находят с учетом свойств логарифмов (стр. 56).

Примеры:

$$\ln 4{,}26 = \ln (426 : 100) = \ln 426 - \ln 100 = 6{,}05444 - 4{,}60517 = 1{,}44927;$$

$$\ln 4260 = \ln (426 \cdot 10) = \ln 426 + \ln 10 = 6{,}05444 + 2{,}30259 = 8{,}35703.$$

3. В графах $\frac{1000}{n}$ приведены обратные числа, умноженные на 1000. Для нахождения обратной величины какого-либо числа, например 42, достаточно в найденном в таблице значении 43,8095 перенести запятую на три знака влево, т. е. 0,0438095 есть обратная величина числа 42.

4. В графах πn и $\frac{\pi n^2}{4}$ приведены величины длин окружностей и площадей кругов диаметрами n.

16. Простые числа и простые множители чисел от 1 до 1000

1		61		121	11^2	181		241	
2		62	$2 \cdot 31$	122	$2 \cdot 61$	182	$2 \cdot 7 \cdot 13$	242	$2 \cdot 11^2$
3		63	$3^2 \cdot 7$	123	$3 \cdot 41$	183	$3 \cdot 61$	243	3^5
4	2^2	64	2^6	124	$2^2 \cdot 31$	184	$2^3 \cdot 23$	244	$2^2 \cdot 61$
5		65	$5 \cdot 13$	125	5^3	185	$5 \cdot 37$	246	$5 \cdot 7^2$
6	$2 \cdot 3$	66	$2 \cdot 3 \cdot 11$	126	$2 \cdot 3^2 \cdot 7$	186	$2 \cdot 3 \cdot 31$	246	$2 \cdot 3 \cdot 41$
7		67		127		187	$11 \cdot 17$	247	$13 \cdot 19$
8	2^3	68	$2^2 \cdot 17$	128	2^7	188	$2^2 \cdot 47$	248	$2^3 \cdot 31$
9	3^2	69	$3 \cdot 23$	129	$3 \cdot 43$	189	$3^3 \cdot 7$	249	$3 \cdot 83$
10	$2 \cdot 5$	70	$2 \cdot 5 \cdot 7$	130	$2 \cdot 5 \cdot 13$	190	$2 \cdot 5 \cdot 19$	250	$2 \cdot 5^3$
11		71		131		191		251	
12	$2^2 \cdot 3$	72	$2^3 \cdot 3^2$	132	$2^2 \cdot 3 \cdot 11$	192	$2^6 \cdot 3$	252	$2^2 \cdot 3^2 \cdot 7$
13		73		133	$7 \cdot 19$	193		253	$11 \cdot 23$
14	$2 \cdot 7$	74	$2 \cdot 37$	134	$2 \cdot 67$	194	$2 \cdot 97$	254	$2 \cdot 127$
15	$3 \cdot 5$	75	$3 \cdot 5^2$	135	$3^3 \cdot 5$	195	$3 \cdot 5 \cdot 13$	255	$3 \cdot 5 \cdot 17$
16	2^4	76	$2^2 \cdot 19$	136	$2^3 \cdot 17$	196	$2^2 \cdot 7^2$	256	2^8
17		77	$7 \cdot 11$	137		197		257	
18	$2 \cdot 3^2$	78	$2 \cdot 3 \cdot 13$	138	$2 \cdot 3 \cdot 23$	198	$2 \cdot 3^2 \cdot 11$	258	$2 \cdot 3 \cdot 43$
19		79		139		199		259	$7 \cdot 37$
20	$2^2 \cdot 5$	80	$2^4 \cdot 5$	140	$2^2 \cdot 5 \cdot 7$	200	$2^3 \cdot 5^2$	260	$2^2 \cdot 5 \cdot 13$
21	$3 \cdot 7$	81	3^4	141	$3 \cdot 47$	201	$3 \cdot 67$	261	$3^2 \cdot 29$
22	$2 \cdot 11$	82	$2 \cdot 41$	142	$2 \cdot 71$	202	$2 \cdot 101$	262	$2 \cdot 131$
23		83		143	$11 \cdot 13$	203	$7 \cdot 29$	263	
24	$2^3 \cdot 3$	84	$2^2 \cdot 3 \cdot 7$	144	$2^4 \cdot 3^2$	204	$2^2 \cdot 3 \cdot 17$	264	$2^3 \cdot 3 \cdot 11$
25	5^2	85	$5 \cdot 17$	145	$5 \cdot 29$	205	$5 \cdot 41$	265	$5 \cdot 53$
26	$2 \cdot 13$	86	$2 \cdot 43$	146	$2 \cdot 73$	206	$2 \cdot 103$	266	$2 \cdot 7 \cdot 19$
27	3^3	87	$3 \cdot 29$	147	$3 \cdot 7^2$	207	$3^2 \cdot 23$	267	$3 \cdot 89$
28	$2^2 \cdot 7$	88	$2^3 \cdot 11$	148	$2^2 \cdot 37$	208	$2^4 \cdot 13$	268	$2^2 \cdot 67$
29		89		149		209	$11 \cdot 19$	269	
30	$2 \cdot 3 \cdot 5$	90	$2 \cdot 3^2 \cdot 5$	150	$2 \cdot 3 \cdot 5^2$	210	$2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7$	270	$2 \cdot 3^3 \cdot 5$

Продолжение табл. 16

31		91	$7\cdot 13$	151		211		271	
32	2^{5}	92	$2^{2}\cdot 23$	152	$2^{3}\cdot 19$	212	$2^{2}\cdot 53$	272	$2^{4}\cdot 17$
33	$3\cdot 11$	93	$3\cdot 31$	153	$3^{2}\cdot 17$	213	$3\cdot 71$	273	$3\cdot 7\cdot 13$
34	$2\cdot 17$	94	$2\cdot 47$	154	$2\cdot 7\cdot 11$	214	$2\cdot 107$	274	$2\cdot 137$
35	$5\cdot 7$	95	$5\cdot 19$	155	$5\cdot 31$	215	$5\cdot 43$	275	$5^{2}\cdot 11$
36	$2^{2}\cdot 3^{2}$	96	$2^{5}\cdot 3$	156	$2^{2}\cdot 3\cdot 13$	216	$2^{3}\cdot 3^{3}$	276	$2^{2}\cdot 3\cdot 23$
37		97		157		217	$7\cdot 31$	277	
38	$2\cdot 19$	98	$2\cdot 7^{2}$	158	$2\cdot 79$	218	$2\cdot 109$	278	$2\cdot 139$
39	$3\cdot 13$	99	$3^{2}\cdot 11$	159	$3\cdot 53$	219	$3\cdot 73$	279	$3^{2}\cdot 31$
40	$2^{3}\cdot 5$	100	$2^{2}\cdot 5^{2}$	160	$2^{5}\cdot 5$	220	$2^{2}\cdot 5\cdot 11$	280	$2^{3}\cdot 5\cdot 7$
41		101		161	$7\cdot 23$	221	$13\cdot 17$	281	
42	$2\cdot 3\cdot 7$	102	$2\cdot 3\cdot 17$	162	$2\cdot 3^{4}$	222	$2\cdot 3\cdot 37$	282	$2\cdot 3\cdot 47$
43		103		163		223		283	
44	$2^{2}\cdot 11$	104	$2^{3}\cdot 13$	164	$2^{2}\cdot 41$	224	$2^{5}\cdot 7$	284	$2^{2}\cdot 71$
45	$3^{2}\cdot 5$	105	$3\cdot 5\cdot 7$	165	$3\cdot 5\cdot 11$	225	$3^{2}\cdot 5^{2}$	285	$3\cdot 5\cdot 19$
46	$2\cdot 23$	106	$2\cdot 53$	166	$2\cdot 83$	226	$2\cdot 113$	286	$2\cdot 11\cdot 13$
47		107		167		227		287	$7\cdot 41$
48	$2^{4}\cdot 3$	108	$2^{2}\cdot 3^{3}$	168	$2^{3}\cdot 3\cdot 7$	228	$2^{2}\cdot 3\cdot 19$	288	$2^{5}\cdot 3^{2}$
49	7^{2}	109		169	13^{2}	229		289	17^{2}
50	$2\cdot 5^{2}$	110	$2\cdot 5\cdot 11$	170	$2\cdot 5\cdot 17$	230	$2\cdot 5\cdot 23$	290	$2\cdot 5\cdot 29$
51	$3\cdot 17$	111	$3\cdot 37$	171	$3^{2}\cdot 19$	231	$3\cdot 7\cdot 11$	291	$3\cdot 97$
52	$2^{2}\cdot 13$	112	$2^{4}\cdot 7$	172	$2^{2}\cdot 43$	232	$2^{3}\cdot 29$	292	$2^{2}\cdot 73$
53		113		173		233		293	
54	$2\cdot 3^{3}$	114	$2\cdot 3\cdot 19$	174	$2\cdot 3\cdot 29$	234	$2\cdot 3^{2}\cdot 13$	294	$2\cdot 3\cdot 7^{2}$
55	$5\cdot 11$	115	$5\cdot 23$	175	$5^{2}\cdot 7$	235	$5\cdot 47$	295	$5\cdot 59$
56	$2^{3}\cdot 7$	116	$2^{2}\cdot 29$	176	$2^{4}\cdot 11$	236	$2^{2}\cdot 59$	296	$2^{3}\cdot 37$
57	$3\cdot 19$	117	$3^{2}\cdot 13$	177	$3\cdot 59$	237	$3\cdot 79$	297	$3^{3}\cdot 11$
58	$2\cdot 29$	118	$2\cdot 59$	178	$2\cdot 89$	238	$2\cdot 7\cdot 17$	298	$2\cdot 149$
59		119	$7\cdot 17$	179		239		299	$13\cdot 23$
60	$2^{2}\cdot 3\cdot 5$	120	$2^{3}\cdot 3\cdot 5$	180	$2^{2}\cdot 3^{2}\cdot 5$	240	$2^{4}\cdot 3\cdot 5$	300	$2^{2}\cdot 3\cdot 5^{2}$

Продолжение табл. 16

301	7·43	371	7·53	441	$3^2 \cdot 7^2$	511	7·73	581	7·83
302	2·151	372	$2^2 \cdot 3 \cdot 31$	442	2·13·17	512	2^9	582	2·3·97
303	3·101	373		443		513	$3^3 \cdot 19$	583	11·53
304	$2^4 \cdot 19$	374	2·11·17	444	$2^2 \cdot 3 \cdot 37$	514	2·257	584	$2^3 \cdot 73$
305	5·61	375	$3 \cdot 5^3$	445	5·89	515	5·103	585	$3^2 \cdot 5 \cdot 13$
306	$2 \cdot 3^2 \cdot 17$	376	$2^3 \cdot 47$	446	2·223	516	$2^2 \cdot 3 \cdot 43$	586	2·293
307		377	13·29	447	3·149	517	11·47	587	
308	$2^2 \cdot 7 \cdot 11$	378	$2 \cdot 3^3 \cdot 7$	448	$2^6 \cdot 7$	518	2·7·37	588	$2^2 \cdot 3 \cdot 7^2$
309	3·103	379		449		519	3·173	589	19·31
310	2·5·31	380	$2^2 \cdot 5 \cdot 19$	450	$2 \cdot 3^2 \cdot 5^2$	520	$2^3 \cdot 5 \cdot 13$	590	2·5·59
311		381	3·127	451	11·41	521		591	3·197
312	$2^3 \cdot 3 \cdot 13$	382	2·191	452	$2^2 \cdot 113$	522	$2 \cdot 3^2 \cdot 29$	592	$2^4 \cdot 37$
313		383		453	3·151	523		593	
314	2·157	384	$2^7 \cdot 3$	454	2·227	524	$2^2 \cdot 131$	594	$2 \cdot 3^3 \cdot 11$
315	$3^2 \cdot 5 \cdot 7$	385	5·7·11	455	5·7·13	525	$3 \cdot 5^2 \cdot 7$	595	5·7·17
316	$2^2 \cdot 79$	386	2·193	456	$2^3 \cdot 3 \cdot 19$	526	2·263	596	$2^2 \cdot 149$
317		387	$3^2 \cdot 43$	457		527	17·31	597	3·199
318	2·3·53	388	$2^2 \cdot 97$	458	2·229	528	$2^4 \cdot 3 \cdot 11$	598	2·13·23
319	11·29	389		459	$3^3 \cdot 17$	529	23^2	599	
320	$2^6 \cdot 5$	390	2·3·5·13	460	$2^2 \cdot 5 \cdot 23$	530	2·5·53	600	$2^3 \cdot 3 \cdot 5^2$
321	3·107	391	17·23	461		531	$3^2 \cdot 59$	601	
322	2·7·23	392	$2^3 \cdot 7^2$	462	2·3·7·11	532	$2^2 \cdot 7 \cdot 19$	602	2·7·43
323	17·19	393	3·131	463		533	13·41	603	$3^2 \cdot 67$
324	$2^2 \cdot 3^4$	394	2·197	464	$2^4 \cdot 29$	534	2·3·89	604	$2^2 \cdot 151$
325	$5^2 \cdot 13$	395	5·79	465	3·5·31	535	5·107	605	$5 \cdot 11^2$
326	2·163	396	$2^2 \cdot 3^2 \cdot 11$	466	2·233	536	$2^3 \cdot 67$	606	2·3·101
327	3·109	397		467		537	3·179	607	
328	$2^3 \cdot 41$	398	2·199	468	$2^2 \cdot 3^2 \cdot 13$	538	2·269	608	$2^5 \cdot 19$
329	7·47	399	3·7·19	469	7·67	539	$7^2 \cdot 11$	609	3·7·29
330	2·3·5·11	400	$2^4 \cdot 5^2$	470	2·5·47	540	$2^2 \cdot 3^3 \cdot 5$	610	2·5·61
331		401		471	3·157	541		611	13·47
332	$2^2 \cdot 83$	402	2·3·67	472	$2^3 \cdot 59$	542	2·271	612	$2^2 \cdot 3^2 \cdot 17$
333	$3^2 \cdot 37$	403	13·31	473	11·43	543	3·181	613	
334	2·167	404	$2^2 \cdot 101$	474	2·3·79	544	$2^5 \cdot 17$	614	2·307
335	5·67	405	$3^4 \cdot 5$	475	$5^2 \cdot 19$	545	5·109	615	3·5·41

Продолжение табл. 16

336	$2^4\cdot3\cdot7$	406	$2\cdot7\cdot29$	476	$2^2\cdot7\cdot17$	546	$2\cdot3\cdot7\cdot13$	616	$2^3\cdot7\cdot11$
337		407	$11\cdot37$	477	$3^2\cdot53$	547		617	
338	$2\cdot13^2$	408	$2^3\cdot3\cdot17$	478	$2\cdot239$	548	$2^2\cdot137$	618	$2\cdot3\cdot103$
339	$3\cdot113$	409		479		549	$3^2\cdot61$	619	
340	$2^2\cdot5\cdot17$	410	$2\cdot5\cdot41$	480	$2^5\cdot3\cdot5$	550	$2\cdot5^2\cdot11$	620	$2^2\cdot5\cdot31$
341	$11\cdot31$	411	$3\cdot137$	481	$13\cdot37$	551	$19\cdot29$	621	$3^3\cdot23$
342	$2\cdot3^2\cdot19$	412	$2^2\cdot103$	482	$2\cdot241$	552	$2^3\cdot3\cdot23$	622	$2\cdot311$
343	7^3	413	$7\cdot59$	483	$3\cdot7\cdot23$	553	$7\cdot79$	623	$7\cdot89$
344	$2^3\cdot43$	414	$2\cdot3^2\cdot23$	484	$2^2\cdot11^2$	554	$2\cdot277$	624	$2^4\cdot3\cdot13$
345	$3\cdot5\cdot23$	415	$5\cdot83$	485	$5\cdot97$	555	$3\cdot5\cdot37$	625	5^4
346	$2\cdot173$	416	$2^5\cdot13$	486	$2\cdot3^5$	556	$2^2\cdot139$	626	$2\cdot313$
347		417	$3\cdot139$	487		557		627	$3\cdot11\cdot19$
348	$2^2\cdot3\cdot29$	418	$2\cdot11\cdot19$	488	$2^3\cdot61$	558	$2\cdot3^2\cdot31$	628	$2^2\cdot157$
349		419		489	$3\cdot163$	559	$13\cdot43$	629	$17\cdot37$
350	$2\cdot5^2\cdot7$	420	$2^2\cdot3\cdot5\cdot7$	490	$2\cdot5\cdot7^2$	560	$2^4\cdot5\cdot7$	630	$2\cdot3^2\cdot5\cdot7$
351	$3^3\cdot13$	421		491		561	$3\cdot11\cdot17$	631	
352	$2^5\cdot11$	422	$2\cdot211$	492	$2^2\cdot3\cdot41$	562	$2\cdot281$	632	$2^3\cdot79$
353		423	$3^2\cdot47$	493	$17\cdot29$	563		633	$3\cdot211$
354	$2\cdot3\cdot59$	424	$2^3\cdot53$	494	$2\cdot13\cdot19$	564	$2^2\cdot3\cdot47$	634	$2\cdot317$
355	$5\cdot71$	425	$5^2\cdot17$	495	$3^2\cdot5\cdot11$	665	$5\cdot113$	635	$5\cdot127$
356	$2^2\cdot89$	426	$2\cdot3\cdot71$	496	$2^4\cdot31$	566	$2\cdot283$	636	$2^2\cdot3\cdot53$
357	$3\cdot7\cdot17$	427	$7\cdot61$	497	$7\cdot71$	567	$3^4\cdot7$	637	$7^2\cdot13$
358	$2\cdot179$	428	$2^2\cdot107$	498	$2\cdot3\cdot83$	568	$2^3\cdot71$	638	$2\cdot11\cdot29$
359		429	$3\cdot11\cdot13$	499		569		639	$3^2\cdot71$
360	$2^3\cdot3^2\cdot5$	430	$2\cdot5\cdot43$	500	$2^2\cdot5^3$	570	$2\cdot3\cdot5\cdot19$	640	$2^7\cdot5$
361	19^2	431		501	$3\cdot167$	571		641	
362	$2\cdot181$	432	$2^4\cdot3^3$	502	$2\cdot251$	572	$2^2\cdot11\cdot13$	642	$2\cdot3\cdot107$
363	$3\cdot11^2$	433		503		573	$3\cdot191$	643	
364	$2^2\cdot7\cdot13$	434	$2\cdot7\cdot31$	504	$2^3\cdot3^2\cdot7$	574	$2\cdot7\cdot41$	644	$2^2\cdot7\cdot23$
365	$5\cdot73$	435	$3\cdot5\cdot29$	505	$5\cdot101$	575	$5^2\cdot23$	645	$3\cdot5\cdot43$
366	$2\cdot3\cdot61$	436	$2^2\cdot109$	506	$2\cdot11\cdot23$	576	$2^6\cdot3^2$	646	$2\cdot17\cdot19$
367		437	$19\cdot23$	507	$3\cdot13^2$	577		647	
368	$2^4\cdot23$	438	$2\cdot3\cdot73$	508	$2^2\cdot127$	578	$2\cdot17^2$	648	$2^3\cdot3^4$
369	$3^2\cdot41$	439		509		579	$3\cdot193$	649	$11\cdot59$
370	$2\cdot5\cdot37$	440	$2^3\cdot5\cdot11$	510	$2\cdot3\cdot5\cdot17$	580	$2^2\cdot5\cdot29$	650	$2\cdot5^2\cdot13$

Продолжение табл. 16

651	3·7·31	721	7·103	791	7·113	861	3·7·41	931	7^2·19
652	2^2·163	722	2·19^2	792	2^3·3^2·11	862	2·431	932	2^2·233
653		723	3·241	793	13·61	863		933	3·311
654	2·3·109	724	2^2·181	794	2·397	864	2^5·3^3	934	2·467
655	5·131	725	5^2·29	795	3·5·53	865	5·173	935	5·11·17
656	2^4·41	726	2·3·11^2	796	2^2·199	866	2·433	936	2^3·3^2·13
657	3^2·73	727		797		867	3·17^2	937	
658	2·7·47	728	2^3·7·13	798	2·3·7·19	868	2^2·7·31	938	2·7·67
659		729	3^6	799	17·47	869	11·79	939	3·313
660	2^2·3·5·11	730	2·5·73	800	2^5·5^2	870	2·3·5·29	940	2^2·5·47
661		731	17·43	801	3^2·89	871	13·67	941	
662	2·331	732	2^2·3·61	802	2·401	872	2^3·109	942	2·3·157
663	3·13·17	733		803	11·73	873	3^2·97	943	23·41
664	2^3·83	734	2·367	804	2^2·3·67	874	2·19·23	944	2^4·59
665	5·7·19	735	3·5·7^2	805	5·7·23	875	5^3·7	945	3^3·5·7
666	2·3^2·37	736	2^5·23	806	2·13·31	876	2^2·3·73	946	2·11·43
667	23·29	737	11·67	807	3·269	877		947	
668	2^2·167	738	2·3^2·41	808	2^3·101	878	2·439	948	2^2·3·79
669	3·223	739		809		879	3·293	949	13·73
670	2·5·67	740	2^2·5·37	810	2·3^4·5	880	2^4·5·11	950	2·5^2·19
671	11·61	741	3·13·19	811		881		951	3·317
672	2^5·3·7	742	2·7·53	812	2^2·7·29	882	2·3^2·7^2	952	2^3·7·17
673		743		813	3·271	883		953	
674	2·337	744	2^3·3·31	814	2·11·37	884	2^2·13·17	954	2·3^2·53
675	3^3·5^2	745	5·149	815	5·163	885	3·5·59	955	5·191
676	2^2·13^2	746	2·373	816	2^4·3·17	886	2·443	956	2^2·239
677		747	3^2·83	817	19·43	887		957	3·11·29
678	2·3·113	748	2^2·11·17	818	2·409	888	2^3·3·37	958	2·479
679	7·97	749	7·107	819	3^2·7·13	889	7·127	959	7·137
680	2^3·5·17	750	2·3·5^3	820	2^2·5·41	890	2·5·89	960	2^6·3·5
681	3·227	751		821		891	3^4·11	961	31^2
682	2·11·31	752	2^4·47	822	2·3·137	892	2^2·223	962	2·13·37
683		753	3·251	823		893	19·47	963	3^2·107
684	2^2·3^2·19	754	2·13·29	824	2^3·103	894	2·3·149	964	2^2·241
685	5·137	755	5·151	825	3·5^2·11	895	5·179	965	5·193

Продолжение табл. 16

686	$2\cdot7^3$	766	$2^2\cdot3^3\cdot7$	826	$2\cdot7\cdot59$	896	$2^7\cdot7$	966	$2\cdot3\cdot7\cdot23$
687	$3\cdot229$	757		827		897	$3\cdot13\cdot23$	967	
688	$2^4\cdot43$	758	$2\cdot379$	828	$2^2\cdot3^2\cdot23$	898	$2\cdot449$	968	$2^3\cdot11^2$
689	$13\cdot53$	759	$3\cdot11\cdot23$	829		899	$29\cdot31$	969	$3\cdot17\cdot19$
690	$2\cdot3\cdot5\cdot23$	760	$2^3\cdot5\cdot19$	830	$2\cdot5\cdot83$	900	$2^2\cdot3^2\cdot5^2$	970	$2\cdot5\cdot97$
691		761		831	$3\cdot277$	901	$17\cdot53$	971	
692	$2^2\cdot173$	762	$2\cdot3\cdot127$	832	$2^6\cdot13$	902	$2\cdot11\cdot41$	972	$2^2\cdot3^5$
693	$3^2\cdot7\cdot11$	763	$7\cdot109$	833	$7^2\cdot17$	903	$3\cdot7\cdot43$	973	$7\cdot139$
694	$2\cdot347$	764	$2^2\cdot191$	834	$2\cdot3\cdot139$	904	$2^3\cdot113$	974	$2\cdot487$
695	$5\cdot139$	765	$3^2\cdot5\cdot17$	835	$5\cdot167$	905	$6\cdot181$	975	$3\cdot5^2\cdot13$
696	$2^3\cdot3\cdot29$	766	$2\cdot383$	836	$2^2\cdot11\cdot19$	906	$2\cdot3\cdot151$	976	$2^4\cdot61$
697	$17\cdot41$	767	$13\cdot69$	837	$3^3\cdot31$	907		977	
698	$2\cdot349$	768	$2^8\cdot3$	838	$2\cdot419$	908	$2^2\cdot227$	978	$2\cdot3\cdot163$
699	$3\cdot233$	769		839		909	$3^2\cdot101$	979	$11\cdot89$
700	$2^2\cdot6^2\cdot7$	770	$2\cdot5\cdot7\cdot11$	840	$2^3\cdot3\cdot6\cdot7$	910	$2\cdot5\cdot7\cdot13$	980	$2^2\cdot5\cdot7^2$
701		771	$3\cdot257$	841	29^2	911		981	$3^2\cdot109$
702	$2\cdot3^3\cdot13$	772	$2^2\cdot193$	842	$2\cdot421$	912	$2^4\cdot3\cdot19$	982	$2\cdot491$
703	$19\cdot37$	773		843	$3\cdot281$	913	$11\cdot83$	983	
704	$2^6\cdot11$	774	$2\cdot3^2\cdot43$	844	$2^2\cdot211$	914	$2\cdot457$	984	$2^3\cdot3\cdot41$
705	$3\cdot6\cdot47$	775	$5^2\cdot31$	845	$5\cdot13^2$	915	$3\cdot5\cdot61$	985	$5\cdot197$
706	$2\cdot353$	776	$2^3\cdot97$	846	$2\cdot3^2\cdot47$	916	$2^2\cdot229$	986	$2\cdot17\cdot29$
707	$7\cdot101$	777	$3\cdot7\cdot37$	847	$7\cdot11^2$	917	$7\cdot131$	987	$3\cdot7\cdot47$
708	$2^2\cdot3\cdot59$	778	$2\cdot389$	848	$2^4\cdot53$	918	$2\cdot3^3\cdot17$	988	$2^2\cdot13\cdot19$
709		779	$19\cdot41$	849	$3\cdot283$	919		989	$23\cdot43$
710	$2\cdot5\cdot71$	780	$2^2\cdot3\cdot5\cdot13$	850	$2\cdot6^2\cdot17$	920	$2^3\cdot5\cdot23$	990	$2\cdot3^2\cdot5\cdot11$
711	$3^2\cdot79$	781	$11\cdot71$	851	$23\cdot37$	921	$3\cdot307$	991	
712	$2^3\cdot89$	782	$2\cdot17\cdot23$	852	$2^2\cdot3\cdot71$	922	$2\cdot461$	992	$2^5\cdot31$
713	$23\cdot31$	783	$3^3\cdot29$	853		923	$13\cdot71$	993	$3\cdot331$
714	$2\cdot3\cdot7\cdot17$	784	$2^4\cdot7^2$	854	$2\cdot7\cdot61$	924	$2^2\cdot3\cdot7\cdot11$	994	$2\cdot7\cdot71$
715	$5\cdot11\cdot13$	785	$6\cdot167$	855	$3^2\cdot5\cdot19$	926	$6^2\cdot37$	995	$5\cdot199$
716	$2^2\cdot179$	786	$2\cdot3\cdot131$	856	$2^3\cdot107$	926	$2\cdot463$	996	$2^2\cdot3\cdot83$
717	$3\cdot239$	787		867		927	$3^2\cdot103$	997	
718	$2\cdot359$	788	$2^2\cdot197$	868	$2\cdot3\cdot11\cdot13$	928	$2^5\cdot29$	998	$2\cdot499$
719		789	$3\cdot263$	859		929		999	$3^3\cdot37$
720	$2^4\cdot3^2\cdot5$	790	$2\cdot6\cdot79$	860	$2^2\cdot5\cdot43$	930	$2\cdot3\cdot5\cdot31$	1000	$2^3\cdot5^3$

17. Десятичные логарифмы [*1]

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	6276	5289	5302
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428
35	5441	5453	6465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786
38	5798	5809	6821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396

[*1] Таблица предназначена для нахождения десятичных логарифмов чисел. В соответствии с правилами логарифмирования, для числа определяют характеристику логарифма (стр. 66), а мантиссу берут из таблицы.

Для трехзначных чисел мантисса находится на пересечении строки, в начале которой (графа *N*) стоят две первые цифры числа, и графы, озаглавленной третьей цифрой. Мантиссы одно- и двухзначных чисел находятся на пересечении строки, в которой находится двухзначное число или уменьшенное на 10 однозначное, и графы, озаглавленной цифрой 0.

Например, для чисел 700, 70 и 7 мантисса одинакова и равна 8451.

Продолжение табл. 17

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122
65	8129	8136	8142	8149	8166	8162	8169	8176	8182	8189
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996

18. Антилогарифмы [*1]

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021
01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045
02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069
03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094
04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119
05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146
06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172
07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199
08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227
09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256
10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285
11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315
12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346
13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377
14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409
15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442
16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476
17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510
18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545
19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581
20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618
21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656
22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694
23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734
24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774
25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816
26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858
27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901
28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945
29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991
30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037
31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084
32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133
33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183
34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234
35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286
36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339
37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393
38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449
39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506
40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564
41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624
42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685
43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748
44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812

[*1] Антилогарифмы служат для нахождения числа по его десятичному логарифму. Цифровой состав числа находят по мантиссе на пересечении строки, определяемой двумя первыми цифрами мантиссы (графа m), и графы, озаглавленной третьей цифрой мантиссы. Положение запятой в полученном числе определяется характеристикой логарифма (см. стр. 56).

Примеры: $\lg x = 1{,}364$; $x = 231{,}2$;
$\lg x = \bar{2}{,}364$; $x = 0{,}02312$.

Продолжение табл. 18

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877
46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944
47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013
48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083
49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155
50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228
51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304
62	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381
53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459
64	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540
55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622
66	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707
57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793
58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3865	3864	3873	3882
59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972
60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064
61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159
62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256
63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4356
64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457
65	4467	4477	4487	4498	4508	4619	4529	4539	4550	4560
66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667
67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775
68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887
69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000
70	6012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	6105	6117
71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	6224	5236
72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	6333	5346	5358
73	5370	5383	6395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483
74	5495	5508	5521	6534	5546	5559	5572	5585	5598	5610
75	5623	5636	5649	5662	5676	5689	5702	5715	5728	6741
76	5754	6768	5781	5794	6808	5821	5834	6848	5861	5875
77	5888	5902	5916	6929	5943	5957	5970	5984	5998	6012
78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6162
79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295
80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442
81	6457	6471	6486	6601	6516	6531	6546	6561	6677	6592
82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745
83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902
84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063
85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228
86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396
87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7616	7534	7551	7568
88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745
89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925
90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110
91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299
92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492
93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690
94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892
95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9067	9078	9099
96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311
97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9606	9528
98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750
99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977

19. Перевод простых дробей $n_{пр}$ в десятичные $n_{дес}$

$n_{пр}$	$n_{дес}$	$n_{пр}$	$n_{дес}$	$n_{пр}$	$n_{дес}$	$n_{пр}$	$n_{дес}$	$n_{пр}$	$n_{дес}$	$n_{пр}$	$n_{дес}$
1/2	0,5000	3/10	0,3000	12/13	0,9231	6/17	0,3529	12/19	0,6316	9/32	0,2812
1/3	0,3333	7/10	0,7000	1/14	0,0714	7/17	0,4118	13/19	0,6842	11/32	0,3438
2/3	0,6667	9/10	0,9000	3/14	0,2143	8/17	0,4706	14/19	0,7368	13/32	0,4062
1/4	0,2500	1/11	0,0909	5/14	0,3571	9/17	0,5295	15/19	0,7895	15/32	0,4688
3/4	0,7500	2/11	0,1818	9/14	0,6429	10/17	0,5882	16/19	0,8421	17/32	0,5312
1/5	0,2000	3/11	0,2727	11/14	0,7857	11/17	0,6471	17/19	0,8947	19/32	0,6938
2/5	0,4000	4/11	0,3636	13/14	0,9286	12/17	0,7059	18/19	0,9474	21/32	0,6562
3/5	0,6000	5/11	0,4545	1/15	0,0667	13/17	0,7647	1/20	0,0500	23/32	0,7188
4/5	0,8000	6/11	0,5455	2/15	0,1333	14/17	0,8235	3/20	0,1500	25/32	0,7812
1/6	0,1667	7/11	0,6364	4/15	0,2667	15/17	0,8824	7/20	0,3500	27/32	0,8438
5/6	0,8333	8/11	0,7273	7/15	0,4667	16/17	0,9412	9/20	0,4500	29/32	0,9062
1/7	0,1429	9/11	0,8182	8/15	0,6333	1/18	0,0556	11/20	0,5500	31/32	0,9688
2/7	0,2857	10/11	0,9091	11/15	0,7333	5/18	0,2778	13/20	0,6500	1/36	0,0278
3/7	0,4286	1/12	0,0833	13/15	0,8667	7/18	0,3889	17/20	0,8500	5/36	0,1389
4/7	0,5714	5/12	0,4167	14/15	0,9333	11/18	0,6111	19/20	0,9500	7/36	0,1944
5/7	0,7143	7/12	0,5833	1/16	0,0625	13/18	0,7222	1/21	0,0476	11/36	0,3056
6/7	0,8571	11/12	0,9167	3/16	0,1875	17/18	0,9444	1/24	0,0417	13/36	0,3611
1/8	0,1250	1/13	0,0769	5/16	0,3125	1/19	0,0526	5/24	0,2083	15/36	0,4167
3/8	0,3750	2/13	0,1538	7/16	0,4375	2/19	0,1053	7/24	0,2917	17/36	0,4722
5/8	0,6250	3/13	0,2308	9/16	0,5625	3/19	0,1579	11/24	0,4983	19/36	0,5278
7/8	0,8750	4/13	0,3077	11/16	0,6875	4/19	0,2105	13/24	0,5417	23/36	0,6389
1/9	0,1111	5/13	0,3846	13/16	0,8125	5/19	0,2632	17/24	0,7083	25/36	0,6944
2/9	0,2222	6/13	0,4615	15/16	0,9375	6/19	0,3158	19/24	0,7917	29/36	0,8056
4/9	0,4444	7/13	0,5385	1/17	0,0588	7/19	0,3684	23/24	0,9583	31/36	0,8611
5/9	0,5556	8/13	0,6154	2/17	0,1177	8/19	0,4211	1/32	0,0312	35/36	0,9722
7/9	0,7778	9/13	0,6923	3/17	0,1765	9/19	0,4737	3/32	0,0938	1/48	0,0208
8/9	0,8889	10/13	0,7692	4/17	0,2353	10/19	0,6263	5/32	0,1562	5/48	0,1042
1/10	0,1000	11/13	0,8462	6/17	0,2941	11/19	0,5789	7/32	0,2188	7/48	0,1458

Продолжение табл. 19

$n_{пр}$	$n_{дес}$	$n_{пр}$	$n_{дес}$	$n_{пр}$	$n_{дес}$	$n_{пр}$	$n_{дес}$	$n_{пр}$	$n_{дес}$	$n_{пр}$	$n_{дес}$
11/48	0,2292	31/48	0,6458	13/64	0,2031	27/64	0,4219	41/64	0,6496	53/64	0,8281
13/48	0,2708	1/64	0,0156	15/64	0,2344	29/64	0,4531	43/64	0,6719	55/64	0,8594
17/48	0,3542	3/64	0,0469	17/64	0,2656	31/64	0,4844	45/64	0,7031	57/64	0,8906
19/48	0,3958	5/64	0,0781	19/64	0,2969	33/64	0,5156	47/64	0,7344	59/64	0,9219
23/48	0,4784	7/64	0,1094	21/64	0,3281	35/64	0,5469	49/64	0,7656	61/64	0,9531
25/48	0,5208	9/64	0,1406	23/64	0,3594	37/64	0,5781	51/64	0,7969	63/64	0,9844
29/48	0,6042	11/64	0,1719	25/64	0,3906	39/64	0,6094				

20. Квадратные и кубические корни из десятичных и простых дробей

n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
0,01	0,1000	0,2154	0,25	0,5000	0,6300	1/4	0,5000	0,6300	3/8	0,6124	0,72111
0,02	0,1414	0,2714	0,3	0,5477	0,6694	3/4	0,8660	0,9086	5/8	0,7906	0,8550
0,03	0,1732	0,3107	0,4	0,6325	0,7368	1/6	0,4083	0,5503	7/8	0,9354	0,9565
0,04	0,2000	0,3420	0,5	0,7071	0,7937	5/6	0,9129	0,9410	1/9	0,3333	0,4808
0,05	0,2236	0,3684	0,6	0,7746	0,8434	1/7	0,3780	0,5228	2/9	0,4714	0,6057
0,06	0,2449	0,3915	0,7	0,8367	0,8879	2/7	0,5345	0,6586	4/9	0,6667	0,7631
0,07	0,2646	0,4121	0,75	0,8660	0,9086	3/7	0,6547	0,7540	5/9	0,7454	0,8221
0,08	0,2828	0,4309	0,8	0,8944	0,9283	4/7	0,7559	0,8298	7/9	0,8819	0,9196
0,09	0,3000	0,4481	0,9	0,9787	0,9655	5/7	0,8452	0,8939	1/12	0,2887	0,4368
0,1	0,3162	0,4642	1/3	0,5774	0,6934	6/7	0,9258	0,9499	5/12	0,6455	0,7469
0,2	0,4472	0,5848	2/3	0,8165	0,8736	1/8	0,3536	0,5000	7/12	0,7638	0,8356

21. Числа (*n*) в дроб

n \ *k*	0,1	0,125	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45
0,04	0,725	0,669	0,617	0,525	0,447	0,381	0,324	0,276	0,235
0,05	0,741	0,688	0,638	0,549	0,473	0,407	0,350	0,302	0,260
0,06	0,755	0,704	0,666	0,570	0,495	0,430	0,374	0,325	0,282
0,07	0,766	0,717	0,671	0,688	0,514	0,460	0,394	0,345	0,302
0,08	0,777	0,729	0,685	0,603	0,532	0,469	0,413	0,364	0,321
0,09	0,786	0,740	0,697	0,618	0,548	0,486	0,430	0,382	0,338
0,1	0,794	0,750	0,708	0,631	0,562	0,501	0,447	0,398	0,355
0,2	0,861	0,818	0,786	0,725	0,669	0,617	0,569	0,525	0,485
0,3	0,887	0,860	0,835	0,786	0,740	0,697	0,656	0,618	0,582
0,4	0,912	0,892	0,872	0,833	0,795	0,760	0,726	0,693	0,662
0,6	0,933	0,917	0,901	0,871	0,841	0,812	0,785	0,758	0,732
0,6	0,950	0,938	0,926	0,903	0,880	0,858	0,836	0,815	0,795
0,7	0,965	0,956	0,948	0,931	0,914	0,899	0,883	0,867	0,852
0,8	0,978	0,972	0,967	0,956	0,946	0,935	0,925	0,915	0,904
0,9	0,990	0,987	0,984	0,979	0,974	0,969	0,964	0,959	0,954
1,25	1,023	1,028	1,034	1,046	1,067	1,069	1,081	1,093	1,105
1,6	1,041	1,052	1,063	1,084	1,107	1,129	1,152	1,176	1,200
1,75	1,058	1,072	1,088	1,118	1,150	1,183	1,216	1,251	1,286
2	1,072	1,091	1,110	1,149	1,189	1,231	1,275	1,320	1,366
3	1,116	1,147	1,179	1,246	1,316	1,390	1,469	1,552	1,639
4	1,149	1,189	1,231	1,320	1,414	1,516	1,625	1,741	1,866
6	1,175	1,223	1,273	1,380	1,496	1,621	1,756	1,904	2,063
6	1,196	1,251	1,308	1,431	1,565	1,712	1,872	2,048	2,240
7	1,215	1,275	1,339	1,476	1,627	1,793	1,976	2,178	2,400
8	1,231	1,297	1,366	1,516	1,682	1,866	2,071	2,297	2,549
9	1,246	1,316	1,390	1,552	1,732	1,933	2,158	2,408	2,688
10	1,259	1,334	1,413	1,585	1,778	1,995	2,239	2,612	2,818
20	1,349	1,454	1,567	1,821	2,115	2,456	2,853	3,314	3,850
30	1,405	1,530	1,666	1,974	2,340	2,774	3,288	3,898	4,621
40	1,446	1,586	1,739	2,091	2,515	3,024	3,637	4,373	5,259
60	1,479	1,631	1,798	2,187	2,659	3,234	3,932	4,782	5,815
60	1,505	1,668	1,848	2,268	2,783	3,415	4,191	5,144	6,312
70	1,629	1,701	1,891	2,339	2,893	3,577	4,424	5,471	6,765
80	1,550	1,729	1,930	2,402	2,991	3,723	4,635	5,771	7,184
90	1,568	1,755	1,964	2,460	3,080	3,857	4,830	6,049	7,575
100	1,585	1,778	1,995	2,512	3,162	3,981	5,012	6,310	7,943
120	1,614	1,819	2,051	2,605	3,310	4,205	5,342	6,787	8,622
140	1,639	1,855	2,099	2,687	3,440	4,404	5,638	7,219	9,242
160	1,661	1,886	2,141	2,759	3,557	4,684	5,908	7,615	9,814
180	1,681	1,914	2,179	2,825	3,663	4,749	6,157	7,982	10,348
200	1,699	1,939	2,214	2,885	3,761	4,901	6,388	8,326	10,851
220	1,715	1,962	2,246	2,941	3,861	5,043	6,605	8,649	11,326
240	1,730	1,984	2,275	2,993	3,936	5,177	6,809	8,955	11,779
260	1,744	2,004	2,303	3,041	4,016	5,303	7,002	9,247	12,211
280	1,757	2,023	2,328	3,086	4,091	5,422	7,186	9,525	12,625
300	1,769	2,040	2,353	3,129	4,162	5,635	7,362	9,791	13,023
350	1,796	2,080	2,408	3,227	4,325	5,797	7,770	10,414	13,958
400	1,821	2,114	2,456	3,314	4,472	6,034	8,142	10,986	14,823
450	1,842	2,146	2,5	3,393	4,606	6,251	8,484	11,516	15,630
500	1,862	2,175	2,540	3,466	4,729	6,452	8,803	12,011	16,388

ных степенях (*k*)

0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	1,1	1,2
0,200	0,170	0,145	0,123	0,105	0,089	0,076	0,065	0,029	0,021
0,224	0,193	0,166	0,143	0,123	0,106	0,091	0,078	0,037	0,027
0,245	0,213	0,185	0,161	0,140	0,121	0,105	0,092	0,045	0,034
0,265	0,232	0,203	0,178	0,155	0,136	0,119	0,104	0,054	0,041
0,283	0,249	0,220	0,194	0,171	0,150	0,133	0,117	0,062	0,048
0,300	0,266	0,236	0,209	0,185	0,164	0,146	0,129	0,071	0,056
0,316	0,282	0,251	0,224	0,200	0,178	0,158	0,141	0,079	0,063
0,447	0,413	0,381	0,351	0,324	0,299	0,276	0,255	0,170	0,146
0,548	0,516	0,486	0,467	0,431	0,405	0,382	0,359	0,266	0,236
0,632	0,604	0,577	0,551	0,527	0,603	0,480	0,459	0,365	0,333
0,707	0,683	0,660	0,637	0,616	0,595	0,574	0,555	0,467	0,435
0,775	0,775	0,736	0,717	0,699	0,682	0,665	0,648	0,670	0,642
0,837	0,822	0,807	0,793	0,779	0,765	0,752	0,738	0,675	0,662
0,894	0,885	0,875	0,865	0,855	0,846	0,837	0,827	0,782	0,766
0,949	0,944	0,939	0,934	0,929	0,924	0,919	0,914	0,891	0,881
1,118	1,131	1,143	1,166	1,169	1,182	1,195	1,209	1,278	1,307
1,225	1,250	1,275	1,301	1,328	1,355	1,383	1,411	1,562	1,627
1,323	1,360	1,399	1,439	1,480	1,552	1,565	1,609	1,861	1,957
1,414	1,464	1,516	1,669	1,625	1,682	1,741	1,803	2,144	2,297
1,772	1,830	1,933	2,042	2,158	2,280	2,408	2,544	3,348	3,737
2,000	2,144	2,297	2,462	2,639	2,828	3,031	3,249	4,595	5,278
2,236	2,423	2,627	2,847	3,085	3,344	3,624	3,928	5,873	6,899
2,449	2,679	2,930	3,205	3,505	3,834	4,193	4,686	7,177	8,585
2,646	2,916	3,214	3,543	3,905	4,304	4,743	5,228	8,504	10,330
2,828	3,138	3,482	4.864	4,287	4,757	5,278	5,856	9,849	12,126
3,000	3,348	3,737	4,171	4,656	5,196	5,8	6,473	11,212	13,967
3,162	3,548	3,981	4,467	5,012	5,623	6,310	7,079	12,589	15,849
4,472	5,195	6,034	7,009	8,142	9,457	10,986	12,761	26,986	36,411
5,477	6,493	7,696	9,123	10,814	12,819	15,195	18,012	42,153	95,231
6,325	7,606	9,146	10,999	13,226	15,905	19,127	23,001	57,845	83,651
7,071	8,599	10,456	12,715	15,462	18,803	22,865	27,805	73,938	109,34
7,746	9,506	11,665	14,315	17,667	21,558	26,456	32,466	90,358	136,08
8,367	10,347	12,796	15,824	19,569	24,2	29,928	37,011	107,06	163,73
8,944	11,135	13,863	17,259	21,486	26,750	33,302	41,460	123,99.	192,18
9,487	11,880	14,878	18,632	23,333	29,220	36,593	45,826	141,15	221,36
10,000	12,589	15,849	19,953	25,119	31,623	39,811	50,119	168,49	251,19
10,954	13,917	17,681	22,463	28,638	36,257	46,062	68,520	193,69	312,62
11,832	15,149	19,394	24,830	31,790	40,7	52,108	66,713	229,48	376,14
12,649	16,303	21,012	27,082	34,910	44,987	57,982	74,731	265,79	441,61
13,416	17,394	22,551	29,237	37,910	49,142	63,712	82,6	302,55	508,54
14,142	18,432	24,022	31,309	40,8	53,183	69,314	90,339	339,73	577,08
14,832	19,424	25,436	33,310	43,620	57,124	74,806	97,962	377,28	647
15,492	20,376	26,780	35,248	46,350	60,976	80,199	105,48	415,18	718,21
16,125	21,293	28,118	37,131	49,030	64,749	85,502	112,91	453,39	790,62
16,733	22,179	29,396	38,963	51,650	68,449	90,725	120,25	491,9	864,15
17,320	23,037	30,639	40,750	54,2	72,084	95,873	127,51	530,68	938,74
18,708	25,075	33,608	45,045	60,374	80,919	108,46	145,36	628,75	1129,5
20,000	26,986	36,411	49,129	66,289	89,443	120,68	162,84	728,23	1325,8
21,213	28,792	39,078	53,038	71,986	97,703	132,61	179,98	828,96	1527,1
22,361	30,509	41,628	56,798	77,496	105,74	144,27	196,85	930,82	1732,9

Тригонометрические функции. Основные тригонометрические функции углов прямоугольного треугольника выражаются соответствующими соотношениями его сторон (рис. 1):

Рис. 1

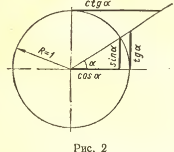


Рис. 2

синус $\left(\sin\alpha = \dfrac{a}{c}\right)$ — отношение катета, противолежащего данному углу, к гипотенузе;

косинус $\left(\cos\alpha = \dfrac{b}{c}\right)$ — отношение прилежащего катета к гипотенузе;

тангенс $\left(\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{a}{b}\right)$ — отношение противолежащего катета к прилежащему;

котангенс $\left(\operatorname{ctg}\alpha = \dfrac{b}{a}\right)$ — отношение прилежащего катета к противолежащему.

Графически тригонометрические функции можно представить в виде указанных на рис. 2 отрезков, построенных на окружности, радиус которой равен единице.

Знак функции зависит от величины угла. Функции дополнительных углов (больших 90°) могут быть приведены к функции углов прямоугольного треугольника (меньших 90°). Формулы приведения функций и знаки функций даны в табл. 22.

Значения тригонометрических функций углов от 0 до 90° с интервалом 10′ приведены в табл. 23. Для определения функций углов, заданных с точностью до 1′, необходимо заданный угол представить как сумму, состоящую из целого числа градусов и доли градуса, и, пользуясь основными формулами тригонометрии и табл. 23, вычислить значение функции.

Пример. Определить значение $\sin 23^\circ 42'$.

Представим $\sin 23^\circ 42' = \sin(23^\circ + 0^\circ 42') = \sin 23^\circ \cdot \cos 0^\circ 42' + \cos 23^\circ \cdot \sin 0^\circ 42'$.

Из табл. 23

$$\sin 23^\circ = 0{,}3907;\ \cos 23^\circ = 0{,}9205;\ \cos 0^\circ 42' \approx 1.$$

Из табл. 24

$$\sin 0^\circ 42' = 0{,}0122;\ \sin 23^\circ 42' = 0{,}3907 + 0{,}9205 \cdot 0{,}01277 = 0{,}4019.$$

Значения тригонометрических функций часто встречающихся углов сведены в табл. 25.

22. Знаки функций и формулы приведения

Функция	Угол φ							
	0—90°	90—180°	180—270°	270—360°	360° ± α	90° ± α	180° ± α	270° ± α
sin φ	+	+	—	—	±sin α	+cos α	∓sin α	−cos α
cos φ	+	—	—	+	+cos α	∓sin α	−cos α	∓sin α
tg φ	+	—	+	—	±tg α	∓ctg α	±tg α	∓ctg α
ctg φ	+	—	+	—	±ctg α	∓tg α	±ctg α	∓tg α

23. Значения тригонометрических функций

Синусы

Градусы	0′ →	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
0 ↓	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	89
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	88
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0436	0,0465	0,0494	0,0523	87
3	0,0523	0,0552	0,0581	0,0610	0,0640	0,0669	0,0698	86
4	0,0698	0,0727	0,0756	0,0785	0,0814	0,0843	0,0872	85
5	0,0872	0,0901	0,0929	0,0958	0,0987	0,1016	0,1045	84
6	0,1045	0,1074	0,1103	0,1132	0,1161	0,1190	0,1219	83
7	0,1219	0,1248	0,1276	0,1305	0,1334	0,1363	0,1392	82
8	0,1392	0,1421	0,1449	0,1478	0,1507	0,1536	0,1564	81
9	0,1564	0,1593	0,1622	0,1650	0,1679	0,1708	0,1736	80
10	0,1736	0,1765	0,1794	0,1822	0,1851	0,1880	0,1908	79
11	0,1908	0,1937	0,1965	0,1994	0,2022	0,2051	0,2079	78
12	0,2079	0,2108	0,2136	0,2164	0,2193	0,2221	0,2250	77
13	0,2250	0,2278	0,2306	0,2334	0,2363	0,2391	0,2419	76
14	0,2419	0,2447	0,2476	0,2504	0,2532	0,2560	0,2588	75
15	0,2588	0,2616	0,2644	0,2672	0,2700	0,2728	0,2756	74
16	0,2756	0,2784	0,2812	0,2840	0,2868	0,2896	0,2924	73
17	0,2924	0,2952	0,2979	0,3007	0,3035	0,3062	0,3090	72
18	0,3090	0,3118	0,3145	0,3173	0,3201	0,3228	0,3256	↑ 71
19	0,3256	0,3283	0,3311	0,3338	0,3365	0.3393	0,3420	70
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′ ←	Градусы

Косинусы

Продолжение табл. 23

Синусы

Градусы	0′ →	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
20 ↓	0,3420	0,3448	0,3475	0,3502	0,3529	0,3557	0,3584	69
21	0,3584	0,3611	0,3638	0,3665	0,3692	0,3719	0,3746	68
22	0,3746	0,3773	0,3800	0,3827	0,3854	0,3881	0,3907	67
23	0,3907	0,3934	0,3961	0,3987	0,4014	0,4041	0,4067	66
24	0,4067	0,4094	0,4120	0,4147	0,4173	0,4200	0,4226	65
25	0,4226	0,4263	0,4279	0,4305	0,4331	0,4358	0,4384	64
26	0,4384	0,4410	0,4436	0,4462	0,4488	0,4514	0,4540	63
27	0,4540	0,4566	0,4592	0,4617	0,4643	0,4669	0,4695	62
28	0,4695	0,4720	0,4746	0,4772	0,4797	0,4823	0,4848	↑ 61
29	0,4848	0,4874	0,4899	0,4924	0,4950	0,4975	0,6000	60
30	0,5000	0,5025	0,5050	0,5075	0,5100	0,5125	0,5150	59
31	0,5160	0,5175	0,5200	0,5225	0,6260	0,5275	0,5299	58
32	0,5299	0,5324	0,6348	0,5373	0,5398	0,5422	0,6446	57
33	0,6446	0,6471	0,5496	0,5519	0,5544	0,6568	0,5592	56
34	0,5592	0,5616	0,5640	0,5664	0,5688	0,5712	0,5736	55
35	0,5736	0,5760	0,5783	0,5807	0,5831	0,5854	0,5878	54
36	0,5878	0,5901	0,5925	0,5948	0,6972	0,5995	0,6018	53
37	0,6018	0,6041	0,6065	0,6088	0,6111	0,6134	0,6157	62
38	0,6167	0,6180	0,6202	0,6225	0,6248	0,6271	0,6293	51
39	0,6293	0,6316	0,6338	0,6361	0.6383	0,6406	0,6428	50
40	0,6428	0,6450	0,6472	0,6494	0,6517	0,6539	0,6561	49
41	0,6561	0,6583	0,6604	0,6626	0,6648	0,6670	0,6691	48
42	0,6691	0,6713	0,6734	0,6756	0,6777	0,6799	0,6820	47
43	0,6820	0,6841	0,6862	0,6884	0,6905	0,6926	0,6947	46
44	0,6947	0,6967	0,6988	0,7009	0,7030	0,7050	0,7071	45
45	0,7071	0,7092	0,7112	0,7133	0,7153	0,7173	0,7193	↑ 44
45	0,7071	0,7092	0,7112	0,7133	0,7153	0,7173	0,7193	44
46	0,7193	0,7214	0,7234	0,7254	0,7274	0,7294	0,7314	43
47	0,7314	0,7333	0,7353	0,7373	0,7392	0,7412	0,6431	42
48	0,7431	0,7451	0,7470	0,7490	0,7509	0,7528	0,7547	41
49	0,7547	0,7566	0,7585	0,7604	0,7623	0,7642	0,7660	40
50	0,7660	0,7679	0,7698	0,7716	0,7735	0,7753	0,7771	39
51	0,7771	0,7790	0,7808	0,7826	0,7844	0,7862	0,7880	38
52	0,7880	0,7898	0,7916	0,7934	0,7951	0,7969	0,7986	37
53	0,7986	0,8004	0,8021	0,8039	0,8056	0,8073	0,8090	36
54	0,8090	0,8107	0,8124	0,8141	0,8158	0,8175	0,8192	35
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′ ←	Градусы

Косинусы

Продолжение табл. 23

Синусы

Градусы	0′ →	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
55 ↓	0,8192	0,8208	0,8225	0,8241	0,8258	0,8274	0,8290	34
56	0,8290	0,8307	0,8323	0,8339	0,8355	0,8371	0,8387	33
57	0,8387	0,8403	0,8418	0,8434	0,8450	0,8465	0,8480	32
58	0,8480	0,8496	0,8511	0,8526	0,8542	0,8557	0,8572	31
59	0,8572	0,8587	0,8601	0,8616	0,8631	0,8646	0,8660	30
60	0,8660	0,8675	0,8689	0,8704	0,8718	0,8732	0,8746	29
61	0,8746	0,8760	0,8774	0,8788	0,8802	0,8816	0,8829	28
62	0,8829	0,8843	0,8857	0,8870	0,8884	0,8897	0,8910	27
63	0,8910	0,8923	0,8936	0,8949	0,8962	0,8975	0,8988	26
64	0,8988	0,9001	0,9013	0,9026	0,9038	0,9051	0,9063	25
65	0,9063	0,9075	0,9088	0,9100	0,9112	0,9124	0,9135	24
66	0,9135	0,9147	0,9159	0,9171	0,9182	0,9194	0,9205	23
67	0,9205	0,9216	0,9228	0,9239	0,9250	0,9261	0,9272	22
68	0,9272	0,9283	0,9293	0,9304	0,9315	0,9325	0,9336	21
69	0,9336	0,9346	0,9356	0,9367	0,9377	0,9387	0,9397	20
70	0,9397	0,9407	0,9417	0,9426	0,9436	0,9446	0,9455	19
71	0,9455	0,9465	0,9474	0,9483	0,9492	0,9502	0,9511	18
72	0,9511	0,9520	0,9528	0,9537	0,9546	0,9555	0,9563	17
73	0,9563	0,9572	0,9580	0,9588	0,9596	0,9605	0,9613	16
74	0,9613	0,9621	0,9628	0,9636	0,9644	0,9652	0,9659	15
75	0,9659	0,9667	0,9674	0,9681	0,9689	0,9696	0,9703	14
76	0,9703	0,9710	0,9717	0,9724	0,9730	0,9737	0,9744	13
77	0,9744	0,9750	0,9757	0,9763	0,9769	0,9775	0,9781	12
78	0,9781	0,9787	0,9793	0,9799	0,9805	0,9811	0,9816	11
79	0,9816	0,9822	0,9827	0,9833	0,9838	0,9843	0,9848	10
80	0,9848	0,9853	0,9858	0,9863	0,9868	0,9872	0,9877	9
81	0,9877	0,9881	0,9886	0,9890	0,9894	0,9899	0,9903	8
82	0,9903	0,9907	0,9911	0,9914	0,9918	0,9922	0,9925	7
83	0,9925	0,9929	0,9932	0,9936	0,9939	0,9942	0,9945	6
84	0,9945	0,9948	0,9951	0,9954	0,9957	0,9959	0,9962	5
85	0,9962	0,9964	0,9967	0,9969	0,9971	0,9974	0,9976	4
86	0,9976	0,9978	0,9980	0,9981	0,9983	0,9985	0,9986	3
87	0,9986	0,9988	0,9989	0,9990	0,9992	0,9993	0,9994	2
88	0,9994	0,9995	0,9996	0,9997	0,9997	0,9998	0,9998	1
89	0,9998	0,9999	0,9999	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	↑ 0
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′ ←	Градусы

Косинусы

Продолжение табл. 23

Тангенсы

Градусы	0′ →	10′	20′	30′	40′	50′	60′	
0 ↓	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	89
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	88
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0437	0,0466	0,0495	0,0524	87
3	0,0524	0,0553	0,0582	0,0612	0,0641	0,0670	0,0699	86
4	0,0699	0,0729	0,0758	0,0787	0,0846	0,0846	0,0815	85
5	0,0875	0,0904	0,0934	0,0963	0,0992	0,1022	0,1051	84
6	0,1051	0,1080	0,1110	0,1139	0,1169	0,1198	0,1228	83
7	0,1228	0,1257	0,1287	0,1317	0,1346	0,1376	0,1405	82
8	0,1405	0,1435	0,1465	0,1495	0,1524	0,1554	0,1584	81
9	0,1584	0,1614	0,1644	0,1673	0,1703	0,1733	0,1763	80
10	0,1763	0,1793	0,1823	0,1853	0,1883	0,1914	0,1944	79
11	0,1944	0,1974	0,2004	0,2035	0,2065	0,2095	0,2126	78
12	0,2126	0,2156	0,2186	0,2217	0,2247	0,2278	0,2309	77
13	0,2309	0,2339	0,2370	0,2401	0,2432	0,2462	0,2493	76
14	0,2493	0,2524	0,2555	0,2586	0,2617	0,2648	0,2679	75
15	0,2679	0,2711	0,2742	0,2773	0,2805	0,2836	0,2867	74
16	0,2867	0,2899	0,2931	0,2962	0,2994	0,3026	0,3057	73
17	0,3057	0,3089	0,3121	0,3153	0,3185	0,3217	0,3249	72
18	0,3249	0,3281	0,3314	0,3346	0,3378	0,3411	0,3443	71
19	0,3443	0,3476	0,3508	0,3541	0,3574	0,3607	0,3640	70
20	0,3640	0,3673	0,3706	0,3739	0,3772	0,3805	0,3839	69
21	0,3839	0,3872	0,3906	0,3939	0,3973	0,4006	0,4040	68
22	0,4040	0,4074	0,4108	0,4142	0,4176	0,4210	0,4245	67
23	0,4245	0,4279	0,4314	0,4348	0,4383	0,4417	0,4452	66
24	0,4452	0,4487	0,4522	0,4557	0,4592	0,4628	0,4663	65
25	0,4663	0,4699	0,4734	0,4770	0,4806	0,4841	0,4877	64
26	0,4877	0,4913	0,4950	0,4986	0,5022	0,5059	0,5059	63
27	0,5095	0,5132	0,5169	0,5206	0,5243	0,5280	0,5317	62
28	0,5317	0,5354	0,5392	0,5430	0,5467	0,5505	0,5543	61
29	0,5543	0,5581	0,5619	0,5658	0,5696	0,5735	0,5774	60
30	0,5774	0,5812	0,5851	0,5890	0,5930	0,5969	0,6009	59
31	0,6009	0,6048	0,6088	0,6128	0,6168	0,6208	0,6249	58
32	0,6249	0,6289	0,6330	0,6371	0,6412	0,6453	0,6494	57
33	0,6494	0,6536	0,6577	0,6619	0,6661	0,6703	0,6745	56
34	0,6745	0,6787	0,6830	0,6873	0,6916	0,6959	0,7002	55
35	0,7002	0,7046	0,7089	0,7133	0,7177	0,7221	0,7265	54
36	0,7265	0,7310	0,7355	0,7400	0,7445	0,7490	0,7536	53
37	0,7536	0,7581	0,7627	0,7673	0,7720	0,7766	0,7815	52
38	0,7813	0,7860	0,7907	0,7954	0,8002	0,8050	0,8098	51
39	0,8098	0,8146	0,8195	0,8243	0,8292	0,8342	0,8391	50
40	0,8391	0,8441	0,8491	0,8541	0,8591	0,8642	0,8693	49
41	0,8693	0,8744	0,8796	0,8847	0,8899	0,8952	0,9004	48
42	0,9004	0,9057	0,9110	0,9163	0,9217	0,9271	0,9325	47
43	0,9325	0,9380	0,9435	0,9490	0,9545	0,9601	0,9657	46
44	0,9657	0,9713	0,9770	0,9827	0,9884	0,9942	1,0000	45 ↑
45	1,0000	1,0058	1,0117	1,0176	1,0235	1,0295	1,0355	44
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	0′ ←	Градусы

Котангенсы

Продолжение табл. 23

Тангенсы

Градусы	0' →	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
45 ↓	1,000	1,006	1,012	1,018	1,024	1,030	1,036	44
46	1,036	1,042	1,048	1,054	1,060	1,066	1,072	43
47	1,072	1,079	1,085	1,091	1,098	1,104	1,111	42
48	1,111	1,117	1,124	1,130	1,137	1,144	1,150	41
49	1,150	1,157	1,164	1,171	1,178	1,185	1,192	40
50	1,192	1,199	1,206	1,213	1,220	1,228	1,235	39
51	1,235	1,242	1,250	1,257	1,265	1,272	1,280	38
52	1,280	1,288	1,295	1,303	1,311	1,319	1,327	37
53	1,327	1,335	1,343	1,351	1,360	1,368	1,376	36
54	1,376	1,385	1,393	1,402	1,411	1,419	1,428	35
55	1,428	1,437	1,446	1,455	1,464	1,473	1,483	34
56	1,483	1,492	1,501	1,511	1,520	1,530	1,540	33
57	1,540	1,550	1,560	1,570	1,580	1,590	1,600	32
58	1,600	1,611	1,621	1,632	1,643	1,653	1,664	31
59	1,664	1,675	1,686	1,698	1,709	1,720	1,732	30
60	1,732	1,744	1,756	1,767	1,780	1,792	1,804	29
61	1,804	1,816	1,829	1,842	1,855	1,868	1,881	28
62	1,881	1,894	1,907	1,921	1,935	1,949	1,963	27
63	1,963	1,977	1,991	2,006	2,020	2,035	2,050	26
64	2,050	2,066	2,081	2,097	2,112	2,128	2,145	25
65	2,145	2,161	2,177	2,194	2,211	2,229	2,246	24
66	2,246	2,264	2,282	2,300	2,318	2,337	2,356	23
67	2,356	2,375	2,394	2,414	2,434	2,455	2,475	22
68	2,475	2,496	2,517	2,539	2,560	2,583	2,605	21
69	2,605	2,628	2,651	2,675	2,699	2,723	2,747	20
70	2,747	2,773	2,798	2,824	2,850	2,877	2,904	19
71	2,904	2,932	2,960	2,989	3,018	3,047	3,078	18
72	3,078	3,108	3,140	3,172	3,204	3,237	3,271	17
73	3,271	3,305	3,340	3,376	3,412	3,450	3,487	16
74	3,487	3,526	3,566	3,606	3,647	3,689	3,732	15
75	3,732	3,776	3,821	3,867	3,914	3,962	4,011	14
76	4,011	4,061	4,113	4,165	4,219	2,275	4,331	13
77	4,331	4,390	4,449	4,511	4,574	4,638	4,705	12
78	4,705	4,773	4,843	4,915	4,989	5,066	5,145	11
79	5,145	5,226	5,309	5,396	5,485	5,576	5,671	10
80	5,671	5,769	5,871	5,976	6,084	6,197	6,314	9
81	6,314	6,435	6,561	6,691	6,827	6,968	7,115	8
82	7,115	7,269	7,429	7,596	7,770	7,953	8,144	7
83	8,144	8,345	8,556	8,777	9,010	9,255	9,514	6
84	9,514	9,788	10,078	10,385	10,712	11,059	11,430	5
85	11,430	11,826	12,251	12,706	13,197	13,727	14,301	4
86	14,301	14,924	15,605	16,350	17,169	18,075	19,081	3
87	19,081	20,206	21,470	22,904	24,542	26,432	28,636	2
88	28,636	31,242	34,368	38,188	42,964	49,104	57,290	1 ↑
89	57,290	68,750	85,940	114,59	171,89	343,77	∞	0
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0' ←	Градусы

Котангенсы

24. Значения тригонометрических функций (через 1 минуту) sin и tg от 0 до 1°, cos и ctg от 89 до 90°

′	sin	tg	—	′	sin	tg	—
0	0,00000	0,00000	90° 0′	30	0,00873	0,00873	89°30′
1	0,00029	0,00029	69	31	0,00902	0,00902	29
2	0,00058	0,00058	68	32	0,00931	0,00931	28
3	0,00087	0,00087	67	33	0,00960	0,00960	27
4	0,00116	0,00116	56	34	0,00989	0,00989	26
6	0,00145	0,00145	55	35	0,01018	0,01018	25
6	0,00175	0,00175	54	36	0,01047	0,01047	24
7	0,00204	0,00204	63	37	0,01076	0,01076	23
8	0,00233	0,00233	52	38	0,01105	0,01105	22
9	0,00262	0,00262	61	39	0,01134	0,01135	21
10	0,00291	0,00291	50	40	0,01164	0,01164	20
11	0,00320	0,00320	49	41	0,01193	0,01193	19
12	0,00349	0,00349	48	42	0,01222	0,01222	18
13	0,00378	0,00378	47	43	0,01251	0,01251	17
14	0,00407	0,00407	46	44	0,01280	0,01280	16
16	0,00436	0,00436	45	45	0,01309	0,01309	15
16	0,00465	0,00466	44	46	0,01338	0,01338	14
17	0,00495	0,00495	43	47	0,01367	0,01367	13
18	0,00524	0,00524	42	48	0,01396	0,01396	12
19	0,00653	0,00553	41	49	0,01425	0,01425	11
20	0,00582	0,00582	40	50	0,01454	0,01455	10
21	0,00611	0,00611	39	51	0,01483	0,01484	9
22	0,00640	0,00640	38	52	0,01613	0,01513	8
23	0,00669	0,00669	37	53	0,01542	0,01542	7
24	0,00698	0,00698	36	54	0,01571	0,01571	6
26	0,00727	0,00727	35	66	0,01600	0,01600	5
26	0,00756	0,00756	34	66	0,01629	0,01629	4
27	0,00785	0,00785	33	57	0,01658	0,01658	3
28	0,00814	0,00815	32	58	0,01687	0,01687	2
29	0,00844	0,00844	31	59	0,01716	0,01716	1
30	0,00873	0,00873	89°30	60	0,01745	0,01746	89° 0
—	cos	ctg	°′	—	cos	ctg	°′

Основные зависимости между тригонометрическими функциями:

а) *функции одного угла* *[1]:

$$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1; \qquad \operatorname{tg}\alpha\cdot\operatorname{ctg}\alpha = 1;$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{\operatorname{ctg}\alpha} = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}; \quad \operatorname{ctg}\alpha = \frac{1}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha};$$

*[1] Перед знаком радикала должен быть поставлен знак плюс или минус, в зависимости от того, в какой четверти находится угол (см. табл. 22).

25. Значения тригонометрических функций часто встречающихся углов

Углы α		Значения функций			
в *град*	в *рад*	sin α	cos α	tg α	ctg α
0	0	0	+1	0	±∞
30	$\frac{1}{6}\pi$	$+0{,}5=+\frac{1}{2}$	$+0{,}866=+\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$+0{,}577=+\frac{1}{3}\sqrt{3}$	$+1{,}732=+\sqrt{3}$
45	$\frac{1}{4}\pi$	$+0{,}707=+\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$+0{,}707=+\frac{1}{2}\sqrt{2}$	+1	+1
60	$\frac{1}{3}\pi$	$+0{,}866=+\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$+0{,}5=+\frac{1}{2}$	$+1{,}732=+\sqrt{3}$	$+0{,}577=+\frac{1}{3}\sqrt{3}$
90	$\frac{1}{2}\pi$	+1	0	±∞	0
120	$\frac{2}{3}\pi$	$+0{,}866=+\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$-0{,}5=-\frac{1}{2}$	$-1{,}732=-\sqrt{3}$	$-0{,}577=-\frac{1}{3}\sqrt{3}$
150	$\frac{5}{6}\pi$	$+0{,}5=+\frac{1}{2}$	$-0{,}866=-\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$-0{,}577=-\frac{1}{3}\sqrt{3}$	$-1{,}732=-\sqrt{3}$
180	π	0	−1	0	±∞
210	$1\frac{1}{6}\pi$	$-0{,}5=-\frac{1}{2}$	$-0{,}866=-\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$+0{,}577=+\frac{1}{3}\sqrt{3}$	$+1{,}732=+\sqrt{3}$
240	$1\frac{1}{3}\pi$	$-0{,}866=-\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$-0{,}5=-\frac{1}{2}$	$+1{,}732=+\sqrt{3}$	$+0{,}577=+\frac{1}{3}\sqrt{3}$
270	$1\frac{1}{2}\pi$	−1	0	±∞	0
300	$1\frac{2}{3}\pi$	$-0{,}866=-\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$+0{,}5=+\frac{1}{2}$	$-1{,}732=-\sqrt{3}$	$-0{,}577=-\frac{1}{3}\sqrt{3}$
330	$1\frac{5}{6}\pi$	$-0{,}5=-\frac{1}{2}$	$+0{,}866=+\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$-0{,}577=-\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$-1{,}732=-\sqrt{3}$
360	2π	0	+1	0	±∞

$$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{ctg}^2\alpha}};$$

$$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha}} = \frac{\operatorname{ctg}\alpha}{\sqrt{1+\operatorname{ctg}^2\alpha}};$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\sin\alpha}{\sqrt{1-\sin^2\alpha}} = \frac{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{\cos\alpha};$$

$$\operatorname{ctg}\alpha = \frac{\cos\alpha}{\sqrt{1-\cos^2\alpha}} = \frac{\sqrt{1-\sin^2\alpha}}{\sin\alpha}.$$

б) функции двух углов:

$$\sin(\alpha\pm\beta) = \sin\alpha\cdot\cos\beta \pm \cos\alpha\cdot\sin\beta;$$

$$\cos(\alpha\pm\beta) = \cos\alpha\cdot\sin\beta \mp \sin\alpha\cdot\sin\beta;$$

$$\operatorname{tg}(\alpha\pm\beta) = \frac{\operatorname{tg}\alpha\pm\operatorname{tg}\beta}{1\mp\operatorname{tg}\alpha\cdot\operatorname{tg}\beta}; \quad \operatorname{ctg}(\alpha\pm\beta) = \frac{\operatorname{ctg}\alpha\cdot\operatorname{ctg}\beta\mp 1}{\operatorname{ctg}\beta\pm\operatorname{ctg}\alpha};$$

$$\sin\alpha + \sin\beta = 2\sin\frac{\alpha+\beta}{2}\cdot\cos\frac{\alpha-\beta}{2};$$

$$\sin\alpha - \sin\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}\sin\frac{\alpha-\beta}{2};$$

$$\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2};$$

$$\cos\alpha - \cos\beta = -2\sin\frac{\alpha+\beta}{2}\cdot\sin\frac{\alpha-\beta}{2};$$

$$\operatorname{tg}\alpha\pm\operatorname{tg}\beta = \frac{\sin(\alpha\pm\beta)}{\cos\alpha\cdot\cos\beta}; \quad \operatorname{ctg}\alpha\pm\operatorname{ctg}\beta = \frac{\sin(\beta\pm\alpha)}{\sin\alpha\cdot\sin\beta};$$

$$\sin^2\alpha - \sin^2\beta = \cos^2\beta - \cos^2\alpha = \sin(\alpha+\beta)\cdot\sin(\alpha-\beta);$$

$$\cos^2\alpha - \sin^2\beta = \cos^2\beta - \sin^2\alpha = \cos(\alpha+\beta)\cdot\cos(\alpha-\beta).$$

в) функции двойных и половинных углов:

$$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cdot\cos\alpha = \frac{2\operatorname{tg}\alpha}{1+\operatorname{tg}^2\alpha};$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha = 1 - 2\sin^2\alpha = 2\cos^2\alpha - 1 = \frac{1-\operatorname{tg}^2\alpha}{1+\operatorname{tg}^2\alpha};$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2}{1-\operatorname{tg}^2\alpha} = \frac{2}{\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{tg}\alpha};$$

$$\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2\alpha - 1}{2\operatorname{ctg}\alpha} = \frac{\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{tg}\alpha}{2};$$

$$\sin\frac{\alpha}{2}=\sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}}=\frac{\sqrt{1+\sin\alpha}-\sqrt{1-\sin\alpha}}{2};$$

$$\cos\frac{\alpha}{2}=\sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}}=\frac{\sqrt{1+\sin\alpha}+\sqrt{1-\sin\alpha}}{2};$$

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}=\frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha}=\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}=\sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{1+\cos\alpha}};$$

$$\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}=\frac{\sin\alpha}{1-\cos\alpha}=\frac{1+\cos\alpha}{\sin\alpha}=\sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{1-\cos\alpha}}.$$

г) степени функций одного угла:

$$\sin^2\alpha=\frac{1-\cos 2\alpha}{2};\quad \sin^3\alpha=\frac{3\sin\alpha-\sin 3\alpha}{4};$$

$$\cos^2\alpha=\frac{1+\cos 2\alpha}{2};\quad \cos^3\alpha=\frac{3\cos\alpha+\cos 3\alpha}{4};$$

$$\sin^4\alpha=\frac{\cos 4\alpha-4\cos 2\alpha+3}{8};\quad \cos^4\alpha=\frac{\cos 4\alpha+4\cos 2\alpha+3}{8};$$

$$\operatorname{tg}^2\alpha=\frac{1}{\cos^2\alpha}-1=\frac{1-\cos 2\alpha}{1+\cos 2\alpha};\quad \operatorname{ctg}^2\alpha=\frac{1}{\sin^2\alpha}-1.$$

д) произведение функций двух углов:

$$\sin\alpha\cdot\sin\beta=\frac{1}{2}\left[\cos(\alpha-\beta)-\cos(\alpha+\beta)\right];$$

$$\cos\alpha\cdot\cos\beta=\frac{1}{2}\left[\cos(\alpha-\beta)+\cos(\alpha+\beta)\right];$$

$$\sin\alpha\cdot\cos\beta=\frac{1}{2}\left[\sin(\alpha+\beta)+\sin(\alpha-\beta)\right];$$

$$\operatorname{tg}\alpha\cdot\operatorname{tg}\beta=\frac{\operatorname{tg}\alpha+\operatorname{tg}\beta}{\operatorname{ctg}\alpha+\operatorname{ctg}\beta};\quad \operatorname{ctg}\alpha\cdot\operatorname{ctg}\beta=\frac{\operatorname{ctg}\alpha+\operatorname{ctg}\beta}{\operatorname{tg}\alpha+\operatorname{tg}\beta}.$$

Логарифмы. Логарифмом A числа N при основании a (обозначается $A=\log_a N$) называется показатель степени, в которую нужно возвести a, чтобы получить N, т. е. $a^A=N$, откуда $A=\log_a N$ или $\log_a N=A$ (a — положительное число, не равное единице).

Основные свойства логарифмов при одном и том же основании приведены в табл. 25.

Употребительные системы логарифмов: десятичные логарифмы (или бригговы) обозначаются lg (основание десятичных логарифмов $a=10$); натуральные (или неперовы) логарифмы обозначаются ln (основание натуральных логарифмов $a=e=2{,}71828\ldots$). Значения натуральных логарифмов для чисел от 1 до

26. Основные свойства логарифмов при одном и том же основании $a \neq 1$

Свойство	Формула
При любом основании логарифм единицы равен нулю	$\log_a 1 = 0$
Логарифм самого основания равен единице	$\log_a a = 1$
Логарифм нуля равен бесконечности	$\log_a 0 = \begin{cases} -\infty & \text{при } a > 1 \\ +\infty & \text{при } a < 1 \end{cases}$
Логарифм произведения равен сумме логарифмов сомножителей	$\log_a (b \cdot c) = \log_a b + \log_a c$
Логарифм частного (дроби) равен разности логарифмов делимого (числителя) и делителя (знаменателя)	$\log_a \frac{b}{c} = \log_a b - \log_a c$
Логарифм степени равен произведению показателя степени на логарифм ее основания	$\log_a b^m = m \log_a b$
Логарифм корня равен частному от деления логарифма подкоренного выражения на показатель корня	$\log_a \sqrt[m]{b} = \frac{\log_a b}{m}$

500 приведены в табл. 15. Формулы перевода натуральных логарифмов в десятичные и десятичных в натуральные: $\lg N = 0{,}43429 \ln N$; $\ln N = 2{,}30259 \lg N$.

Свойства десятичных логарифмов. Десятичные логарифмы записываются в виде десятичной дроби с точностью до определенного десятичного знака. Целая часть дроби называется *характеристикой логарифма*, а дробная — *мантиссой*. Например: $\lg 148 = 2{,}17036$ — характеристика 2, мантисса 0,17036.

Характеристику определяют по следующему правилу:

1. Если число больше единицы, то характеристика на единицу меньше числа его цифр, стоящих перед запятой. Например: $\lg 4{,}96 = 0, \ldots$; $\lg 27{,}6 = 1, \ldots$; $\lg 3789 = 3, \ldots$.

2. Если число меньше единицы, то характеристика содержит столько отрицательных единиц, сколько нулей в этом числе предшествует первой значащей цифре, считая и нуль целых (при этом мантисса остается положительной). Например: $\lg 0{,}98 = \bar{1}, \ldots$; $\lg 0{,}0016 = \bar{3}, \ldots$.

Мантиссу логарифма находят по табл. 17. При умножении (или делении) числа на 10, 100, 1000 . . . (т.е. на единицу с последующими нулями) положительная мантисса не изменяется, а характеристика увеличивается

(или уменьшается) на столько единиц, сколько нулей во множителе (или делителе). Например: lg 148 = 2,1703; lg 14800 = 4,1703; lg 0,0148 = $\bar{2}$,1703.

У логарифмов чисел, меньших единицы, над характеристикой ставится знак «—», так как мантисса остается положительной. Чтобы преобразовать логарифм с положительной мантиссой в логарифм с отрицательной мантиссой, надо к характеристике прибавить +1, а мантиссу вычесть из —1; например, $\bar{2}{,}6219 = (-2 + 1) + (1 - 0{,}6219) = -1 + 0{,}3781 = -1{,}3781$.

Чтобы преобразовать логарифм с отрицательной мантиссой в логарифм с положительной мантиссой, надо к характеристике прибавить —1, а к мантиссе прибавить +1. Например: $-1{,}3781 = (-1 - 1) + (-0{,}3781 + 1) = -2 + 0{,}6219 = \bar{2}{,}6219$.

Пропорции. Пропорцией называют равенство двух отношений $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$, или $a : b = c : d$, где a и d называют крайними членами пропорции, а b и c — средними членами.

Основное свойство пропорции: произведение крайних членов пропорции равно произведению средних ее членов, т. е. $ad = bc$ для пропорции $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$.

Вычисление неизвестных членов пропорции:

а) неизвестный крайний член пропорции равен произведению средних членов, деленному на известный крайний, т. е. если $x : a = b : c$, то $x = \frac{ab}{c}$;

б) неизвестный средний член пропорции равен произведению крайних членов, деленному на известный средний, т. е. если $a : x = b : c$, то $x = \frac{ac}{b}$.

Перестановка членов пропорции. Пропорция не нарушится (основное свойство пропорции $ad = bc$ будет выполняться) при следующих перестановках членов пропорции:

$$a : b = c : d; \quad a : c = b : d; \quad c : d = a : b;$$
$$d : b = c : a; \quad d : c = b : a; \quad b : d = a : c;$$
$$c : a = d : b; \quad b : a = d : c.$$

Производные пропорции:

$$\frac{a \pm b}{b} = \frac{c \pm d}{d}; \quad \frac{a \pm b}{a} = \frac{c \pm d}{c};$$

$$\frac{a \pm c}{c} = \frac{b \pm d}{d}; \quad \frac{a + b}{a - b} = \frac{c + d}{c - d}.$$

Проценты. Процентом какого-либо числа называют сотую часть этого числа и обозначают знаком % $\left(\frac{5}{100} = 0{,}05 = 5\% \right.$ — есть 5 процентов некоторой величины)[1]. Правила решения основных задач на проценты следующие.

[1] Тысячную долю числа называют промилле и обозначают ‰. Например, 0,025 = 2,5% = 25‰.

Нахождение процентов данного числа. Чтобы найти p процентов (p%) числа A, достаточно число A разделить на 100 и умножить на число процентов p, т. е. p% числа A равны $\frac{A \cdot p}{100}$.

Нахождение числа по данной величине его процента. Чтобы найти число A, p% которого равны a, нужно величину a разделить на p и умножить на 100, т. е. если p% числа A равны a, то число A равно $\frac{a \cdot 100}{p}$.

Нахождение процентного отношения двух чисел. Чтобы вычислить процентное отношение числа a к числу b, нужно a разделить на b и умножить на 100, т. е. процентное отношение числа a к числу b равно $\frac{a \cdot 100}{b}$%.

Начисление простых и сложных процентов. При начислении простых процентов (т. е. когда проценты каждый год начисляются от начальной суммы) начальная сумма K при процентной таксе p% через t лет обращается в сумму K_t, вычисляемую по формуле

$$K_t = K\left(1 + \frac{p}{100}t\right).$$

Например, при процентной таксе, равной 3%, начальная сумма в 1000 рублей через 5 лет превращается в $1000\left(1 + \frac{3}{100}5\right) = 1150$ руб.

При начислении сложных процентов (когда проценты начисляются не от начальной суммы, а от суммы с начисленными за предыдущие годы процентами) один раз в год начальная сумма K при процентной таксе p% через t лет обращается в сумму K_t, вычисляемую по формуле $K_t = K\left(1 + \frac{p}{100}\right)^t$, или $K_t = Kq^t$, где $q = 1 + \frac{p}{100}$.

Прогрессии. Арифметическая прогрессия — это такая последовательность чисел или членов прогрессии $a_1, a_2, \ldots, a_n$, в которой каждое последующее число отличается от предыдущего на некоторое постоянное число r, называемое *разностью* прогрессии. Если $r > 0$, то прогрессия называется *возрастающей*, а если $r < 0$ — *убывающей*.

Пример. $r = 2$; 3, 5, 7, 9, . . .; $r = -2$; 15, 13, 11, 9, 7, ...

Любой член арифметической прогрессии a_n и сумму S_n первых n членов прогрессии вычисляют по формулам

$$a_n = a_1 + (n-1)r; \quad S_n = \frac{n(a_1 + a_n)}{2}.$$

Пример. Для прогрессии: 3, 5, 7, 9, 11 . . . ($r = 2$) $a_{25} = 3 + (25 - 1)2 = 51$; $S_{25} = \frac{25(2 + 50)}{2} = 675$.

Геометрическая прогрессия — это такая последовательность чисел или членов прогрессии $b_1, b_2, \ldots, b_n$, в которой каж-

дое последующее число получается из предыдущего умножением его на определенное число q, называемое *знаменателем* прогрессии.

Если $q > 1$, то прогрессия называется *возрастающей*, а если $|q| < 1$ — *убывающей*.

Пример. $q = 2$; 3, 6, 12, 24, . . .; $q = 0{,}5$; 48, 24, 12, . . .

Любой член b_n геометрической прогрессии и сумму S_n первых n членов вычисляют по формулам

$$b_n = b_1 q^{(n-1)}; \quad S_n = \frac{b_1(q^n - 1)}{q - 1}.$$

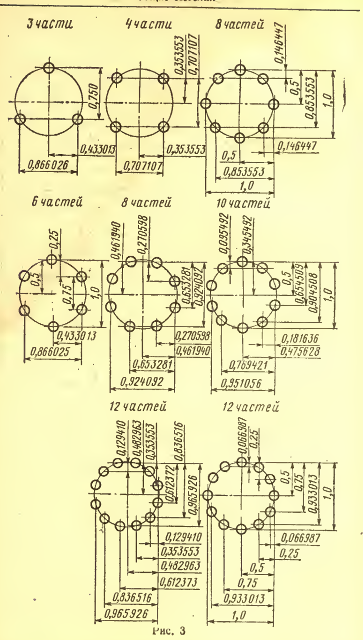
Пример. Для прогрессии: 3; 6; 12; 24; . . .. ($q = 2$) $b_{10} = 3 \cdot 2^9 = 3 \cdot 512 = 1536$; $S_{10} = \frac{3(2^{10} - 1)}{2 - 1} = 3(1024 - 1) = 3069$.

27. Формулы сокращенного умножения и разложения на множители

Название формулы	Формула
Квадрат суммы (разности)	$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$
Куб суммы (разности)	$(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3$
Квадрат многочлена	$(a + b + c + \cdots + k + l)^2 = a^2 + b^2 + c^2 + \cdots + k^2 + l^2 + 2ab + 2ac + \cdots + 2ak + 2al + 2bc + \cdots + 2bk + 2bl + \cdots + 2kl$
Произведение суммы на разность (разность квадратов)	$(a + b)(a - b) = a^2 - b^2$
Сумма (разность) кубов	$a^3 \pm b^3 = (a \pm b)(a^2 \mp ab + b^2)$
Сумма (разность) нечетных степеней	$a^n \pm b^n = (a \pm b)(a^{n-1} \mp a^{n-2}b + a^{n-3}b^2 \mp \cdots \mp ab^{n-2} + b^{n-1})$
Разность четных степеней	$a^m - b^m = (a - b)(a^{m-1} + a^{m-2}b + a^{m-3}b^2 + \cdots + ab^{m-2} + b^{m-1})$

Расчет координат центров отверстий, расположенных по окружности. На рис. 3 приведены координаты центров отверстий, равномерно расположенных на окружности с диаметром, равным единице.

Для определения координат центров отверстий, расположенных на диаметре, не равном единице, необходимо соответствующие координаты, взятые на рис. 3, умножить на величину диаметра, на котором расположены отверстия.


3 части
0,750
0,433013
0,866026
4 части
0,353553
0,707107
0,353553
0,707107
8 частей
0,146447
0,5
0,853553
1,0
0,146447
0,5
0,853553
1,0
6 частей
0,25
0,5
0,75
1,0
0,433013
0,866025
8 частей
0,461940
0,270598
0,653281
0,924092
0,270598
0,461940
0,653281
0,924092
10 частей
0,095492
0,345492
0,5
0,654509
0,904508
1,0
0,181636
0,475628
0,769421
0,951056
12 частей
0,129410
0,482963
0,353553
0,836516
0,612372
0,965926
0,129410
0,353553
0,482963
0,612373
0,836516
0,965926
12 частей
0,066987
0,25
0,5
0,75
0,933013
1,0
0,066987
0,25
0,5
0,75
0,933013
1,0
Рис. 3

28. Действия со степенями и корнями

Действие	Правило
Степень произведения и частного	$(abc\ldots)^n = a^n \cdot b^n \cdot c^n \ldots; \left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$
Умножение и деление степени с одинаковыми основаниями	$a^m \cdot a^n = a^{m+n}; \quad \frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$
Возведение степени в степень	$(a^m)^n = a^{m \cdot n}$
Корень из произведения и частного	$\sqrt[n]{abc\ldots} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b} \cdot \sqrt[n]{c} \ldots;$ $\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$
Возведение корня в степень	$\left(\sqrt[n]{a}\right)^p = \sqrt[n]{a^p}$
Извлечение корня из степени и из корня	$\sqrt[n]{a^p} = \sqrt[\frac{n}{p}]{a}; \quad \sqrt[p]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[np]{a}$
Извлечение квадратного корня из двучлена вида $\sqrt{a \pm \sqrt{b}}$, где $a > 0$, $b > 0$ и $a^2 > b$	$\sqrt{a \pm \sqrt{b}} = \sqrt{\frac{a + \sqrt{a^2 - b}}{2}} \pm \sqrt{\frac{a - \sqrt{a^2 - b}}{2}}$
Нулевой, отрицательный и дробный показатели	$a^0 = 1; \quad a^{-n} = \frac{1}{a^n}; \quad a^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{a};$ $a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m}; \quad a^{-\frac{m}{n}} = \frac{1}{\sqrt[n]{a^m}}$

29. Решение уравнений

Уравнение	Общий вид	Корни
Уравнение I степени с одним неизвестным	$ax = b$	$x = \frac{b}{a}$
Система уравнений I степени с двумя неизвестными	$a_1x + b_1y = c_1$; $a_2x + b_2y = c_2$	$x = \frac{c_1b_2 - c_2b_1}{a_1b_2 - a_2b_1}$; $y = \frac{a_1c_2 - a_2c_1}{a_1b_2 - a_2b_1}$
Неполные квадратные уравнения	$ax^2 = 0$; $ax^2 + bx = 0$; $ax^2 + c = 0$	$x_{1,2} = 0$; $x_1 = 0$; $x_2 = -\frac{b}{a}$; $x_{1,2} = \pm\sqrt{-\frac{c}{a}}$
Полное квадратное уравнение: общая формула	$ax^2 + bx + c = 0$;	$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$;
b — четное ($b = 2k$)	$ax^2 + 2kx + c = 0$;	$x_{1,2} = \frac{-k \pm \sqrt{k^2 - ac}}{a}$;
приведенная формула	$x^2 + px + q = 0$	$x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$
Биквадратное уравнение	$ax^4 + bx^2 + c = 0$	$x_{1,2,3,4} = \pm\sqrt{y}$; $y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$
Возвратное уравнение	$ax^4 + bx^3 + cx^2 + bx + a = 0$	$x_{1,2,3,4} = \frac{y \pm \sqrt{y^2 - 4}}{2}$; $y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac + 8a^2}}{2a}$

30. Площади и центры тяжести плоских фигур

Обозначения: S — площадь; T — центр тяжести; h_T — высота центра тяжести

Фигура	Формулы
Треугольник (любой)	См. табл. 31 T — в точке пересечения медиан
Квадрат	$S = a^2$ (см. табл. 31) T — в точке пересечения диагоналей
Прямоугольник	$S = ab$ (см. табл. 31) T — в точке пересечения диагоналей
Ромб a, d₁, d₂, h, α	$S = ah = a^2 \sin\alpha = \frac{1}{2} d_1 d_2$ T — в точке пересечения диагоналей
Параллелограмм α, β, b, h, a	$S = ah = ab \sin\alpha = ab \sin\beta$ T — в точке пересечения диагоналей
Трапеция a, b, F, m, M, N, T, E, a, b, h, h_T	$S = \frac{1}{2}(a + b)h = mh$ T — в точке пересечения прямой EF с медианой MN $h_T = \frac{h}{3} \cdot \frac{c + 2b}{a + b}$
Четырехугольник выпуклый (m — линия, соединяющая середины диагоналей) b, c, D₂, m, D₁, a, d	Основное свойство: $a^2 + b^2 + c^2 + d^2 = D_1^2 + D_2^2 + 4m^2$ $S = \frac{1}{2}(h_1 + h_2) D_1 = \frac{1}{2} D_1 D_2 \sin\varphi =$ $= \frac{1}{4}(b^2 + d^2 - a^2 - c^2) \operatorname{tg}\varphi$

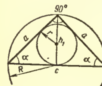
Продолжение табл. 30

Фигура	Формулы
Четырехугольник, вписанный в окружность (p — полупериметр)	Основное свойство: $\alpha + \gamma = \beta + \delta = 180°$; $S = \sqrt{(p-a)(p-b)(p-c)(p-d)} = \frac{1}{2}(ad + bc)\sin\alpha = \frac{1}{2}(ab + cd)\sin\beta = 2R^2 \sin\alpha \cdot \sin\beta \cdot \sin\varphi = \frac{1}{2}D_1D_2\sin\varphi = \frac{1}{2}(ac + bd)\sin\varphi$
Четырехугольник с вписанной окружностью (p — полупериметр)	Основное свойство: $a + c = b + d$; $S = rp = (a + c)r = (b + d)r = \frac{1}{2}D_1D_2\sin\varphi$, где D_1 и D_2 — диагонали
Многоугольник правильный	См. табл. 33
Многоугольник любой	$S = S_1 + S_2 + S_3$
Круг (d — диаметр)	$S = \frac{\pi d^2}{4}$ (см. табл. 31)
Сектор круговой l — длина дуги; a — хорда	$S = \frac{1}{2}rl = \frac{\pi r^2\alpha}{360} \approx 0{,}00873r^2\alpha$; $OT = \frac{2r\alpha}{3l} = \frac{r^2\alpha}{3S}$. При $\frac{\alpha}{2} = 90°$ (полукруг) $h_T = \frac{4r}{3\pi} = 0{,}4244r$. При $\frac{\alpha}{2} = 45°$ (квадрант) $h_T = \frac{4\sqrt{2r}}{3\pi} = 0{,}6002r$. При $\frac{\alpha}{2} = 30°$ (секстант) $h_T = \frac{2r}{\pi} = 0{,}6366r$. $l = \frac{\pi\alpha r}{180} = 0{,}017r\alpha$; $a = 2r\sin\frac{\alpha}{2}$

Продолжение табл. 30

Фигуры	Формулы
Сегмент круговой l — длина дуги; a — хорда	$S = \frac{1}{2}[lr - a(r-h)] = \frac{r^2}{2}\left(\frac{\pi\alpha}{180} - \sin\alpha\right)$; $h_T = \frac{a^3}{12S} = \frac{2r^3 \sin^3 \frac{\alpha}{2}}{3S}$ (см. табл. 32)
Кольцо круговое	$S = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \pi(R^2 - r^2) = 2\pi a r_{cp} =$ $= \pi a d_{cp} = \pi a(R+r) = \pi a(D-a) = \pi a(d+a)$; $r_{cp} = \frac{d_{cp}}{2} = \frac{1}{2}(R+r)$
Часть кольца	$S = \pi a r_{cp}\frac{\alpha}{180} = \frac{\pi\alpha}{360}(R^2 - r^2) =$ $= 0{,}00873\alpha(R^2 - r^2) = 0{,}00218\alpha(D^2 - d^2)$; $h_T = \frac{4}{3}\cdot\frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}\cdot\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\alpha}$
Площадь, ограниченная произвольной кривой BC — произвольная кривая	Площадь делится на четное число ($2n$) частей отрезками y_0, y_1, y_2, ..., y_{2n}, расположенными на равных расстояниях h друг от друга. $AB = y_0 \perp AD$; $CD = y_2 \perp AD$. Определив величины отрезков y_2, y_2 и т. д. и зная h, всю площадь $ABCD$ можно найти по формуле: $S = \frac{1}{3}h[y_0 + y_{2n} + 4(y_1 + y_3 + \cdots + y_{2n+1}) +$ $+ 2(y_2 + y_4 + \cdots + y_{2n-2})]$

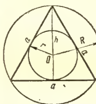
31. Расчет плоских фнгур

Дано	Формулы для нахождення остальных элементов
	Прямоугольний треугольник
	Обозначення: c — гипотенуза; a, b — катеты; α, β — углы; S — площадь
a; α	$\beta = 90° - \alpha$; $b = a \operatorname{ctg} \alpha$; $c = \frac{a}{\sin \alpha}$; $S = \frac{a^2}{2} \operatorname{ctg} \alpha$
b; α	$\beta = 90° - \alpha$; $a = b \operatorname{tg} \alpha$; $c = \frac{b}{\cos \alpha}$; $S = \frac{b^2}{2} \operatorname{tg} \alpha$
c, α	$\beta = 90° - \alpha$; $a = c \sin \alpha$; $b = c \cos \alpha$; $S = \frac{c^2}{2} \sin \alpha \cos \alpha = \frac{c^2}{4} \sin 2\alpha$
a; b	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$; $\beta = 90° - \alpha$; $\operatorname{tg} \beta = \frac{b}{a}$; $\alpha = 90° - \beta$; $c = \sqrt{a^2 + b^2} = \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\cos \alpha}$; $S = \frac{ab}{2}$
a; c	$\sin \alpha = \frac{a}{c}$; $\beta = 90° - \alpha$; $\cos \beta = \frac{a}{c}$; $\alpha = 90° - \beta$; $b = \sqrt{c^2 - a^2} = c \cos \alpha = c \sin \beta$; $S = \frac{a}{2} \sqrt{c^2 - a^2} = \frac{1}{2} ac \sin \beta$
	Прямоугольный равнобедренный треугольник
	Обозиачення: c — гнпотенуза; a — катеты; α — углы прн основанни; R — радиус опнсанной окружности; r — радиус вписанной окружностн; h_1 — высота; S — площадь
a	$\alpha = 45°$; $c = a\sqrt{2} = 1{,}414a$; $h_1 = R = \frac{c}{2} = \frac{a\sqrt{2}}{2} = 0{,}707a$; $r = \frac{1}{2}(2a - c) = 0{,}293a$; $S = \frac{a^2}{2}$

Продолжение табл. 31

Дано	Формулы для нахождения остальных элементов
c	$a=\frac{c}{2}\sqrt{2}=0{,}707c$; $h_1=R=\frac{c}{2}$; $r=\frac{1}{2}(2a-c)=0{,}207c$; $S=\frac{c^2}{4}$
h_1	$a=h_1\sqrt{2}=1{,}414h_1$; $c=2h_1$; $R=h_1$; $r=0{,}414h_1$; $S=h_1^2$

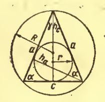
Равносторонний треугольник



Обозначения: a — сторона; h — высота; R — радиус описанной окружности; r — радиус вписанной окружности; P — периметр; S — площадь

Дано	Формулы для нахождения остальных элементов
a	$h=\frac{a}{2}\sqrt{3}=0{,}866a$; $R=\frac{a}{3}\sqrt{3}=0{,}577a$; $r=\frac{a}{6}\sqrt{3}=0{,}289a$; $P=3a$; $S=\frac{a^2}{4}\sqrt{3}=0{,}433a^2$
h	$a=\frac{2}{3}h\sqrt{3}=1{,}155h$; $R=\frac{2}{3}h$; $r=\frac{h}{3}$; $P=2h\sqrt{3}=3{,}464h$; $S=\frac{1}{3}h^2\sqrt{3}=0{,}577h^2$
R	$a=R\sqrt{3}=1{,}732R$; $h=\frac{3}{2}R$; $r=\frac{R}{2}$; $P=3R\sqrt{3}=5{,}196R$; $S=\frac{3}{4}R^2\sqrt{3}=1{,}299R^2$
r	$a=2r\sqrt{3}=3{,}464r$; $h=3r$; $R=2r$; $P=6r\sqrt{3}=10{,}392r$; $S=3r^2\sqrt{3}=5{,}196r^2$

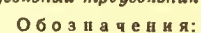
Продолжение табл. 31

Дано	Формулы для нахождения остальных элементов
	Равнобедренный треугольник
	Обозначения: c — основание; a — боковые стороны; h_a, h_c — высоты на стороны a и c; γ — угол при вершине; α — угол при основании; R — радиус описанной окружности; r — радиус вписанной окружности; P — периметр; S — площадь
a; c	$\sin\frac{\gamma}{2} = \cos\alpha = \frac{c}{2a}$; $\gamma = 180° - 2\alpha$; $h_a = \frac{c}{a}\sqrt{a^2 - \left(\frac{c}{2}\right)^2} = c\sin\alpha$; $h_c = \sqrt{a^2 - \left(\frac{c}{2}\right)^2} = a\sin\alpha$; $R = \frac{a^2}{2\sqrt{a^2 - \left(\frac{c}{2}\right)^2}} = \frac{a^2}{2h_c}$; $r = \frac{c}{2}\sqrt{\frac{2a-c}{2a+c}}$; $P = 2a + c$; $S = \frac{c}{2}\sqrt{a^2 - \left(\frac{c}{2}\right)^2}$
a; γ	$\alpha = 90° - \frac{\gamma}{2}$; $c = 2a\sin\frac{\gamma}{2}$; $h_a = a\sin\gamma$; $h_c = a\cos\frac{\gamma}{2}$; $P = 2a\left(1 + \sin\frac{\gamma}{2}\right)$; $S = \frac{1}{2}a^2\sin\gamma$
c; α	$\gamma = 180° - 2\alpha$; $a = \frac{c}{2\cos\alpha}$; $h_a = c\sin\alpha$; $h_c = \frac{1}{2}\operatorname{ctg}\alpha$; $P = c\left(1 + \frac{1}{\cos\alpha}\right)$, $S = \frac{1}{4}c^2\operatorname{tg}\alpha$
c; γ	$\alpha = 90° - \frac{\gamma}{2}$; $a = \frac{c}{2\sin\frac{\gamma}{2}}$; $h_a = c\cos\frac{\gamma}{2}$; $h_c = \frac{c}{2}\operatorname{ctg}\frac{\gamma}{2}$; $P = c\left(1 + \frac{1}{\cos\alpha}\right)$; $S = \frac{1}{4}c^2\operatorname{ctg}\frac{\gamma}{2}$

Продолжение табл. 31

Дано	Формулы для нахождения остальных элементов
$a;\ \alpha$	$\gamma = 180° - 2\alpha;\ c = 2a\cos\alpha;\ h_a = a\sin 2\alpha;$ $h_c = a\sin\alpha;\ P = 2a(1+\cos\alpha);\ S = \frac{1}{2}a^2\sin 2\alpha$
$c;\ h_c$	$\operatorname{tg}\alpha = \frac{2h_c}{c};\ \operatorname{tg}\frac{\gamma}{2} = \frac{c}{2h_c};\ a = \sqrt{h_c^2 + \left(\frac{c}{2}\right)^2};$ $h_a = \frac{ch_c}{\sqrt{h_c^2+\left(\frac{c}{2}\right)^2}} = \frac{ch_c}{a};$ $P = c + 2\sqrt{h_c^2+\left(\frac{c}{2}\right)^2};\ S = \frac{1}{2}ch_c$
$h_c;\ h_a$	$\cos\alpha = \sin\frac{\gamma}{2} = \frac{h_a}{2h_c};\ a = \frac{h_a}{\sin\gamma} = \frac{h_c}{\cos\frac{\gamma}{2}};$ $c = 2h_c\operatorname{tg}\frac{\gamma}{2} = \frac{h_a}{\cos\frac{\gamma}{2}} = \frac{h_a}{\sin\alpha};$ $S = h_c^2\operatorname{tg}\frac{\gamma}{2} = \frac{h_a^2}{2\sin\gamma}$

Косоугольный треугольник



Обозначения: $a,\ b,\ c$ — стороны; $\alpha,\ \beta,\ \gamma$ — углы; R — радиус описанной окружности; r — радиус вписанной окружности; P — периметр; S — площадь; p — полупериметр

Основные соотношения:

$$\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma} = 2R \text{ (теорема синусов)};$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos\alpha \text{ (теорема косинусов)};$$

$$\frac{a+b}{a-b} = \frac{\operatorname{tg}\frac{\alpha+\beta}{2}}{\operatorname{tg}\frac{\alpha-\beta}{2}} \text{ (теорема тангенсов)};$$

$$S = \frac{1}{2}ab\sin\gamma = 2R^2\sin\alpha\sin\beta\sin\gamma = rp = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

Продолженне табл. 31

Дано	Формулы для нахождення остальных элементов
a, α; β	$\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta$; $b = \frac{a \sin \beta}{\sin \alpha}$; $c = \frac{a \sin \gamma}{\sin \alpha}$; $S = \frac{1}{2} ab \sin \gamma$
a; b; γ	$\operatorname{tg} \frac{\alpha - \beta}{2} = \frac{a - b}{a + b} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}$; $\frac{\alpha + \beta}{2} = 90^\circ - \frac{\gamma}{2}$. Получив $\alpha + \beta$ и $\alpha - \beta$, можно найтн α и β. $c = \frac{a \sin \gamma}{\sin \alpha}$; $S = \frac{1}{2} ab \sin \gamma$
a; b; α	$\sin \beta = \frac{b \sin \alpha}{a}$, еслн $a \geqslant b$, то $\beta < 90^\circ$ н имеет одно значенне; еслн $a < b$, то: 1) β имеет два значения прн $b \sin \alpha < a$ $(\beta_2 = 180^\circ - \beta_1)$; 2) β имеет одно значение (90°) прн $b \sin \alpha = a$; 3) треугольник невозможен прн $b \sin \alpha > a$; $\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta)$; $c = \frac{a \sin \gamma}{\sin \alpha}$; $S = \frac{1}{2} ab \sin \gamma$
a; b; c	$r = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)(p-c)}{p}}$, $P = a + b + c$; $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{r}{p-a}$; $\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{r}{p-b}$; $\operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} = \frac{r}{p-c}$; $S = rp = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$

Определение основных линий косоугольного треугольника

Линия	Формула
Высота h_a на сторону a	$h_a = b \sin \gamma = c \sin \beta$
Медиана m_a на сторону a	$m_a = \frac{1}{2} \sqrt{b^2 + c^2 + 2bc \cos \alpha}$
Биссектриса l_a угла α	$l_a = \frac{bc \cos \frac{\alpha}{2}}{b + c}$
Радиус R описанной окружности	$R = \frac{a}{2 \sin \alpha} = \frac{b}{2 \sin \beta} = \frac{c}{2 \sin \gamma}$

Продолжение табл. 31

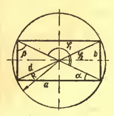
Линия	Формула
Радиус r вписанной окружности	$r = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)(p-c)}{p}} = p \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} \operatorname{tg}\frac{\beta}{2} \operatorname{tg}\frac{\gamma}{2} = 4R \sin\frac{\alpha}{2} \sin\frac{\beta}{2} \sin\frac{\gamma}{2}$

Дано	Формулы для нахождения остальных элементов
	Квадрат Обозначения: a — сторона; d — диагональ; R — радиус описанной окружности; r — радиус вписанной окружности; S — площадь; P — периметр
a	$d = a\sqrt{2} = 1{,}414a$; $R = \frac{a}{2}\sqrt{2} = 0{,}707a = \frac{d}{2}$; $P = 4a$; $r = \frac{a}{2}$; $S = a^2$
d	$a = \frac{d}{2}\sqrt{2} = 0{,}707d$; $R = \frac{d}{2}$; $r = \frac{d}{4}\sqrt{2} = 0{,}354d$; $P = 2d\sqrt{2} = 2{,}848d$; $S = \frac{1}{2}d^2$
P	$a = \frac{P}{4}$; $d = \frac{\sqrt{2}}{4}P = 0{,}354P$; $R = \frac{\sqrt{2}}{8}P = 0{,}177P$; $r = \frac{1}{8}P$; $S = \frac{1}{16}P^2$
S	$a = \sqrt{S}$; $d = \sqrt{2S} = 1{,}414\sqrt{S}$; $R = \frac{\sqrt{2S}}{2} = 0{,}707\sqrt{S}$; $r = \frac{\sqrt{S}}{2}$; $P = 4\sqrt{S}$

Продолжение табл. 31

Дано	Формулы для нахождения остальных элементов
R	$a = R\sqrt{2} = 1{,}414R;\quad d = 2R;\quad r = \frac{R\sqrt{2}}{2} = 0{,}707R;$ $P = 4R\sqrt{2} = 5{,}657R;\quad S = 2R^2$
r	$a = 2r;\quad d = 2r\sqrt{2} = 2{,}828r;\quad R = r\sqrt{2} = 1{,}414r;$ $P = 8r;\quad S = 4r^2$

Прямоугольник



Обозначения: a, b — стороны; d — диагональ; R — радиус описанной окружности; α, β — углы между сторонами и диагоналями; φ_1, φ_2 — углы между диагоналями; S — площадь; P — периметр

Дано	Формулы для нахождения остальных элементов
$a;\ b$	$\operatorname{tg}\alpha = \frac{b}{a};\quad \alpha = 90^\circ - \beta;\quad \operatorname{tg}\beta = \frac{a}{b};\quad \beta = 90^\circ - \alpha;$ $\operatorname{tg}\frac{\varphi_1}{2} = \operatorname{tg}\beta = \frac{a}{b};\quad \varphi_1 = 2\beta;\quad \operatorname{tg}\frac{\varphi_2}{2} = \operatorname{tg}\alpha = \frac{b}{a};$ $\varphi_2 = 2\alpha;$ $d = \sqrt{a^2 + b^2};\quad R = \frac{d}{2} = \frac{1}{2}\sqrt{a^2 + b^2};$ $P = 2(a + b);\quad S = ab$
$a;\ \alpha$	$b = a\operatorname{tg}\alpha = a\operatorname{ctg}\beta;\quad \beta = 90^\circ - \alpha;\quad d = \frac{a}{\cos\alpha};$ $\varphi_1 = 2\beta;\quad \varphi_2 = 2\alpha;$ $R = \frac{d}{2} = \frac{a}{2\cos\alpha};\quad P = 2a(1 + \operatorname{tg}\alpha);$ $S = a^2\operatorname{tg}\alpha = a^2\operatorname{ctg}\beta$
$a;\ \beta$	$b = a\operatorname{ctg}\beta = a\operatorname{tg}\alpha;\quad \alpha = 90^\circ - \beta;\quad d = \frac{a}{\sin\beta};\quad \varphi_1 = 2\beta;$ $\varphi_2 = 180^\circ - 2\beta = 2\alpha;\quad R = \frac{d}{2} = \frac{a}{2\sin\beta};$ $P = 2a(1 + \operatorname{ctg}\beta) = 2a(1 + \operatorname{tg}\alpha);\quad S = a^2\operatorname{ctg}\beta = a^2\operatorname{tg}\alpha$

Продолжение табл. 31

Дано	Формулы для нахождения остальных элементов
d; φ_1	$\varphi_2 = 180° - \varphi_1$; $\alpha = 90° - \frac{\varphi_1}{2}$; $\beta = \frac{\varphi_1}{2}$; $a = d \sin \frac{\varphi_1}{2}$; $b = d \cos \frac{\varphi_1}{2}$; $R = \frac{d}{2}$; $P = 2d \sqrt{1 + \sin \varphi_1} = 2(a + b)$; $S = \frac{1}{2} d^2 \sin \varphi_1$
d; α	$\beta = 90° - \alpha$; $a = d \cos \alpha$; $b = d \sin \alpha$; $R = \frac{d}{2}$; $\varphi_1 = 2\beta = 2(90° - \alpha)$; $\varphi_2 = 2\alpha$; $P = 2d \sqrt{1 + \sin 2\alpha} = 2(a + b)$; $S = \frac{1}{2} d^2 \sin 2\alpha$
S; α	$a = \sqrt{\frac{S}{\operatorname{tg} \alpha}} = \sqrt{S \operatorname{ctg} \alpha}$; $b = \sqrt{\frac{S}{\operatorname{ctg} \alpha}} = \sqrt{S \operatorname{tg} \alpha}$; $d = \sqrt{\frac{2S}{\sin 2\alpha}}$; $R = \sqrt{\frac{S}{2 \sin 2\alpha}}$; $\varphi_1 = 2(90° - \alpha) = 2\beta$; $\varphi_2 = 2\alpha$; $\beta = 90° - \alpha$

Формулы для определения элементов круга

Определяемая величина	Формулы
Радиус круга r	$\frac{L}{2\pi}$; $\frac{L}{6,2832}$; $0,5042 \sqrt{S}$
Диаметр круга d	$\frac{L}{\pi}$, $\frac{L}{3,1416}$; $1,1284 \sqrt{S}$
Длина окружности L	$2\pi r$; $6,2832r$; $3,1416d$; $\frac{d}{0,3183}$
Площадь круга S	πr^2; $3,1416r^2$; $0,785d^2$; $0,079578L^2$
Длина дуги для центрального угла в 1°	$0,0087265d$
Длина дуги для центрального угла в $n°$	$0,0087265nd$
Центральный угол для дуги длиной r	$57°,2958 = 3437',75 = 2° 6265''$

32. Длины дуг, хорд, стрелок сегментов круга радиуса $r = 1$ [*1]

α — центральный угол (*град*); h — длина стрелки; l — длина дуги; S — площадь сегмента; c — длина хорды

α	l	h	c	S	α	l	h	c	S
1	0,0175	0,0000	0,0175	0,00000	36	0,6283	0,0489	0,6180	0,02027
2	0,0349	0,0002	0,0349	0,00000	37	0,6458	0,0517	0,6346	0,02198
3	0,0524	0,0003	0,0524	0,00001	38	0,6632	0,0545	0,6511	0,02378
4	0,0698	0,0006	0,0698	0,00003	39	0,6807	0,0574	0,6676	0,02568
5	0,0873	0,0010	0,0872	0,00006	40	0,6981	0,0603	0,6840	0,02767
6	0,1047	0,0014	0,1047	0,00010	41	0,7156	0,0633	0,7004	0,02976
7	0,1222	0,0019	0,1221	0,00015	42	0,7330	0,0664	0,7167	0,03195
8	0,1396	0,0024	0,1395	0,00023	43	0,7505	0,0696	0,7330	0,03425
9	0,1571	0,0031	0,1569	0,00032	44	0,7679	0,0728	0,7492	0,03664
10	0,1745	0,0038	0,1743	0,00044	45	0,7854	0,0761	0,7654	0,03915
11	0,1920	0,0046	0,1917	0,00059	46	0,8029	0,0795	0,7815	0,04176
12	0,2094	0,0055	0,2091	0,00076	47	0,8203	0,0829	0,7975	0,04448
13	0,2269	0,0064	0,2264	0,00097	48	0,8378	0,0865	0,8135	0,04731
14	0,2443	0,0075	0,2437	0,00121	49	0,8552	0,0900	0,8294	0,05025
15	0,2618	0,0086	0,2611	0,00149	50	0,8727	0,0937	0,8452	0,05331
16	0,2793	0,0097	0,2783	0,00181	51	0,8901	0,0974	0,8610	0,05649
17	0,2967	0,0110	0,2956	0,00217	52	0,9076	0,1012	0,8767	0,05978
18	0,3142	0,0123	0,3129	0,00257	53	0,9250	0,1051	0,8924	0,06319
19	0,3316	0,0137	0,3301	0,00302	54	0,9425	0,1090	0,9080	0,06673
20	0,3491	0,0152	0,3473	0,00352	55	0,9599	0,1130	0,9235	0,07039
21	0,3665	0,0167	0,3645	0,00408	56	0,9774	0,1171	0,9389	0,07417
22	0,3840	0,0184	0,3816	0,00468	57	0,9948	0,1212	0,9543	0,07808
23	0,4014	0,0201	0,3987	0,00535	58	1,0123	0,1254	0,9696	0,08212
24	0,4189	0,0219	0,4158	0,00607	59	1,0297	0,1296	0,9848	0,08629
25	0,4363	0,0237	0,4329	0,00686	60	1,0472	0,1340	1,0000	0,09059
26	0,4538	0,0256	0,4499	0,00771	61	1,0647	0,1384	1,0151	0,09502
27	0,4712	0,0276	0,4669	0,00862	62	1,0821	0,1428	1,0301	0,09958
28	0,4887	0,0297	0,4838	0,00961	63	1,0996	0,1474	1,0450	0,10428
29	0,5061	0,0319	0,6008	0,01067	64	1,1170	0,1520	1,0598	0,10911
30	0,5236	0,0341	0,5176	0,01180	65	1,1345	0,1566	1,0746	0,11408
31	0,5411	0,0364	0,5345	0,01301	66	1,1519	0,1613	1,0893	0,11919
32	0,5585	0,0387	0,5513	0,01429	67	1,1694	0,1661	1,1039	0,12443
33	0,5760	0,0412	0,5680	0,01566	68	1,1868	0,1710	1,1184	0,12982
34	0,5934	0,0437	0,5847	0,01711	69	1,2043	0,1759	1,1328	0,13535
35	0,6109	0,0463	0,6014	0,01864	70	1,2217	0,1808	1,1472	0,14102

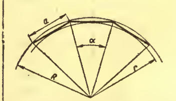
[*1] Чтобы определить l, c, h и S кругов радиуса $r \neq 1$, необходимо по углу α найти в таблице значение искомой величины и умножить его на r для определения l, c и h и на r^2 для — S.

Пример. Определить l и S сегмента круга радиуса $r = 10$ *мм* с центральным углом $\alpha = 23°$. По таблице (для $r = 1$) находим $l_{r=1} = 0,4014$ и $S_{r=1} = 0,00535$, тогда для $r = 10$ *мм* находим $l_{r=10} = 0,4014 \cdot 10 = 4,014$ *мм*, $S_{r=10} = 0,00535 \cdot 10^2 = 0,535$ *мм*^{2}.

Продолжение табл. 32

α	l	h	c	S	α	l	h	c	S
71	1,2392	0,1859	0,1614	0,14683	126	2,1991	0,5460	1,7820	0,69505
72	1,2566	0,1910	1,1756	0,15279	127	2,2166	0,5538	1,7899	0,70897
73	1,2741	0,1961	1,1896	0,15889	128	2,2340	0,5616	1,7976	0,72301
74	1,2915	0,2014	1,2036	0,16514	129	2,2515	0,5695	1,8052	0,73716
75	1,3090	0,2066	1,2175	0,17154	130	2,2689	0,5774	1,8126	0,75144
76	1,3265	0,2120	1,2312	0,17808	131	2,2864	0,5853	1,8199	0,76584
77	1,3439	0,2174	1,2450	0,18477	132	2,3038	0,5933	1,8271	0,78034
78	1,3614	0,2229	1,2586	0,19160	133	2,3213	0,6013	1,8341	0,79497
79	1,3788	0,2284	1,2722	0,19859	134	2,3387	0,6093	1,8410	0,80970
80	1,3963	0,2340	1,2856	0,20573	135	2,3562	0,6173	1,8478	0,82454
81	1,4137	0,2396	1,2989	0,21301	136	2,3736	0,6254	1,8544	0,83949
82	1,4312	0,2453	1,3121	0,22045	137	2,3911	0,6335	1,8608	0,85455
83	1,4486	0,2510	1,3252	0,22804	138	2,4086	0,6416	1,8672	0,86971
84	1,4661	0,2569	1,3383	0,23578	139	2,4260	0,6498	1,8733	0,88497
85	1,4835	0,2627	1,3512	0,24367	140	2,4435	0,6580	1,8794	0,90034
86	1,5010	0,2686	1,3640	0,25171	141	2,4609	0,6662	1,8853	0,91580
87	1,5184	0,2746	1,3767	0,25990	142	2,4784	0,6744	1,8910	0,93135
88	1,5359	0,2807	1,3893	0,26825	143	2,4958	0,6827	1,8966	0,94700
89	1,5533	0,2867	1,4018	0,27675	144	2,5133	0,6910	1,9021	0,96274
90	1,5708	0,2929	1,4142	0,28540	145	2,5307	0,6993	1,9074	0,97858
91	1,5882	0,2991	1,4265	0,29420	146	2,5482	0,7076	1,9126	0,99449
92	1,6057	0,3053	1,4387	0,30316	147	2,5656	0,7160	1,9176	1,01050
93	1,6232	0,3116	1,4507	0,31226	148	2,5831	0,7244	1,9225	1,02658
94	1,6406	0,3180	1,4627	0,32152	149	2,6005	0,7328	1,9273	1,04275
95	1,6580	0,3244	1,4746	0,33093	150	2,6180	0,7412	1,9319	1,05900
96	1,6755	0,3309	1,4863	0,34050	151	2,6345	0,7496	1,9363	1,07532
97	1,6930	0,3374	1,4979	0,35021	152	2,6529	0,7581	1,9406	1,09171
98	1,7104	0,3439	1,5094	0,36008	153	2,6704	0,7666	1,9447	1,10818
99	1,7279	0,3506	1,5208	0,37009	154	2,6878	0,7750	1,9487	1,12472
100	1,7453	0,3572	1,5321	0,38026	155	2,7053	0,7836	1,9526	1,14132
101	1,7628	0,3639	1,5432	0,39058	156	2,7227	0,7921	1,9563	1,15799
102	1,7802	0,3707	1,5543	0,40104	157	2,7402	0,8006	1,9598	1,17472
103	1,7977	0,3775	1,5652	1,41166	158	2,7576	0,8092	1,9633	1,19151
104	1,8151	0,3843	1,5760	0,42242	159	2,7751	0,8178	1,9665	1,20835
105	1,8326	0,3912	1,5867	0,43333	160	2,7925	0,8264	1,9696	1,22525
106	1,8500	0,3982	1,5973	0,44439	161	2,8100	0,8350	1,9726	1,24221
107	1,8675	0,4052	1,6077	0,45560	162	2,8274	0,8436	1,9754	1,25921
108	1,8850	0,4122	1,6180	0,46695	163	2,8449	0,8522	1,9780	1,27626
109	1,9024	0,4193	1,6282	0,47845	164	2,8623	0,8608	1,9805	1,29335
110	1,9199	0,4264	1,6383	0,49008	165	2,8798	0,8695	1,9829	1,31049
111	1,9373	0,4336	1,6483	0,50187	166	2,8972	0,8781	1,9851	1,32766
112	1,9548	0,4408	1,6581	0,51379	167	2,9147	0,8868	1,9871	1,34487
113	1,9722	0,4481	1,6678	0,52586	168	2,9322	0,8955	1,9890	1,36212
114	1,9897	0,4554	1,6773	0,53807	169	2,9496	0,9042	1,9908	1,37940
115	2,0071	0,4627	1,6868	0,55041	170	2,9671	0,9128	1,9924	1,39671
116	2,0246	0,4701	1,6961	0,56289	171	2,9845	0,9215	1,9938	1,41404
117	2,0420	0,4775	1,7053	0,57551	172	3,0020	0,9302	1,9951	1,43140
118	2,0595	0,4850	1,7143	0,58827	173	3,0194	0,9390	1,9963	1,44878
119	2,0769	0,4925	1,7233	0,60116	174	3,0369	0,9477	1,9973	1,46617
120	2,0944	0,5000	1,7321	0,61418	175	3,0543	0,9564	1,9981	1,48359
121	2,1118	0,5076	1,7407	0,62734	176	3,0718	0,9651	1,9988	1,50101
122	2,1283	0,5152	1,7492	0,64063	177	3,0892	0,9738	1,9993	1,51845
123	2,1468	0,5228	1,7576	0,65404	178	3,1067	0,9825	1,9997	1,53589
124	2,1642	0,5305	1,7659	0,66759	179	3,1241	0,9913	1,9999	1,55334
125	2,1817	0,5383	1,7740	0,68125	180	3,1416	1,0000	2,0000	1,57080

33. Соотношения элементов правильных многоугольников



Обозначения. n — число сторон; α — центральный угол; a — сторона; R — радиус описанной окружности; r — радиус вписанной окружности; S — площадь

Основные соотношения

$$a = 2R\sin\frac{\alpha}{2} = 2r\,\mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2};\quad \alpha = \frac{360^\circ}{n};$$

$$R = \frac{a}{2\sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{r}{\cos\frac{\alpha}{2}};$$

$$r = \frac{a}{2}\,\mathrm{ctg}\,\frac{\alpha}{2} = R\cos\frac{\alpha}{2};$$

$$S = \frac{n}{2}R^2\sin\alpha = nr^2\,\mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2} = n\frac{a^2}{4}\,\mathrm{ctg}\,\frac{\alpha}{2}$$

n	$\frac{S}{a^2}$	$\frac{S}{R^2}$	$\frac{S}{r^2}$	$\frac{R}{a}$	$\frac{R}{r}$	$\frac{a}{R}$	$\frac{a}{r}$	$\frac{r}{R}$	$\frac{r}{a}$	α
3	0,433	1,299	5,196	0,577	2,000	1,732	3,464	0,500	0,289	120°
4	1,000	2,000	4,000	0,707	1,414	1,414	2,000	0,707	0,500	90°
5	1,721	2,378	3,633	0,851	1,236	1,176	1,453	0,809	0,688	72°
6	2,598	2,598	3,464	1,000	1,155	1,000	1,155	0,866	0,866	60°
7	3,634	2,736	3,371	1,152	1,110	0,868	0,963	0,901	1,038	$51\frac{3^\circ}{7}$
8	4,828	2,828	3,314	1,307	1,082	0,765	0,828	0,924	1,207	45°
9	6,182	2,893	3,276	1,462	1,064	0,684	0,728	0,940	1,374	40°
10	7,694	2,939	3,249	1,618	1,052	0,618	0,650	0,951	1,539	36°
12	11,196	3,000	3,215	1,932	1,035	0,518	0,536	0,966	1,866	30°
15	17,642	3,051	3,188	2,405	1,022	0,416	0,425	0,978	2,352	24°
16	20,109	3,062	3,183	2,563	1,020	0,390	0,398	0,981	2,514	$22\frac{1^\circ}{2}$
20	31,569	3,090	3,168	3,196	1,013	0,313	0,317	0,988	3,157	18°
24	45,575	3,106	3,160	3,830	1,009	0,261	0,263	0,991	3,798	15°
32	81,225	3,121	3,152	5,101	1,005	0,196	0,197	0,995	5,077	$11\frac{1^\circ}{4}$
48	183,08	3,133	3,146	7,645	1,002	0,131	0,131	0,998	7,629	$7\frac{1^\circ}{2}$
64	325,69	3,137	3,144	10,190	1,001	0,098	0,098	0,999	10,178	$5\frac{3^\circ}{4}$

34. Деление окружности на n равных частей *[1]

n	$\sin\frac{180°}{n}$	n	$\sin\frac{180°}{n}$	n	$\sin\frac{180°}{n}$	n	$\sin\frac{180°}{n}$
1	0,0000	26	0,1205	51	0,0616	76	0,0413
2	1,0000	27	0,1161	52	0,0604	77	0,0408
3	0,8660	28	0,1120	53	0,0592	78	0,0403
4	0,7071	29	0,1081	54	0,0581	79	0,0398
5	0,5878	30	0,1045	55	0,0571	80	0,0393
6	0,5000	31	0,1012	56	0,0561	81	0,0388
7	0,4339	32	0,0980	57	0,0551	82	0,0383
8	0,3827	33	0,0951	58	0,0541	83	0,0378
9	0,3420	34	0,0923	59	0,0532	84	0,0374
10	0,3090	35	0,0896	60	0,0523	85	0,0369
11	0,2817	36	0,0872	61	0,0515	86	0,0365
12	0,2588	37	0,0848	62	0,0506	87	0,0361
13	0,2393	38	0,0826	63	0,0498	88	0,0357
14	0,2225	39	0,0805	64	0,0491	89	0,0353
15	0,2079	40	0,0785	65	0,0483	90	0,0349
16	0,1951	41	0,0765	66	0,0476	91	0,0345
17	0,1838	42	0,0747	67	0,0469	92	0,0341
18	0,1737	43	0,0730	68	0,0462	93	0,0338
19	0,1646	44	0,0713	69	0,0455	94	0,0334
20	0,1564	45	0,0698	70	0,0449	95	0,0331
21	0,1490	46	0,0682	71	0,0442	96	0,0327
22	0,1423	47	0,0668	72	0,0436	97	0,0324
23	0,1362	48	0,0654	73	0,0430	98	0,0321
24	0,1305	49	0,0641	74	0,0424	99	0,0317
25	0,1253	50	0,0628	75	0,0419	100	0,0314

*[1] Для деления окружности на n равных частей необходимо определить хорду a по формуле $a = D \sin\frac{180°}{n}$ (где D — диаметр окружности); величина $\sin\frac{180°}{n}$ берется из таблицы.

Пример. Разделить окружность диаметром 100 *мм* на 13 частей. Для этого нужно отиладывать по окружности циркулем отрезки

$$a = 100 \cdot 0,2392 = 23,93 \text{ мм}.$$

35. Определение углов между секущими, касательными и хордами окружности

Наименование и величина угла	Эскиз	Наименование и величина угла	Эскиз
Угол между хордами: а) вписанный угол α — центр окружности *O* внутри угла $\alpha = \frac{\beta}{2}$		**Угол между секущими с вершиной вне окружности** $\alpha = \frac{\beta - \gamma}{2}$	
б) вписанный угол α — центр окружности *O* вне угла $\alpha = \frac{\beta}{2}$		**Угол между касательной и секущей** $\alpha = \frac{\beta - \gamma}{2}$	
в) вписанный угол α опирается на диаметр окружности $\alpha = \frac{\pi}{2} = 90°$		**Угол между касательной и хордой** $\alpha = \frac{\beta}{2}$	
г) угол α с вершиной внутри окружности $\alpha = \frac{\beta + \gamma}{2}$		**Угол между касательными** $\alpha = \frac{\beta - \gamma}{2}$	

36. Расчет типовых сопряжений прямых и дуг

Эскиз сопряжения	Величины		Формула
	задаваемые	определяемые	
	$\alpha;\ t$	x	$x = t\cdot\text{tg}\,\frac{\alpha}{2}$
	$a;\ b;\ t$	$\alpha;\ x$	$\text{tg}\,\beta = \frac{a}{b};\quad \sin\gamma = \frac{1}{\sqrt{a^2+b^2}};$ $\alpha = 90° - (\beta+\gamma);$ $x = (b-t)\,\text{ctg}\,\alpha$
	$R;\ b$	$a;\ c;\ \alpha$	$\sin\alpha = \frac{b}{R};\quad c = \sqrt{R^2-b^2};$ $a = R - c$
	$R;\ a$	$c;\ b$	$b = \sqrt{R^2-c^2};\quad c = R - a$
	$a;\ b$	R	$R = \frac{a^2+b^2}{2a}$
	$R;\ R_1;\ a$	$b;\ \alpha$	$b = R - \sqrt{(R-R_1)^2-(a-R_1)^2};$ $\sin\alpha = \frac{a-R}{R-R_1}$
	$a;\ b;\ R$	R_1	$R_1 = \frac{a^2+b^2-2bR}{2\,(a-R)}$
	$b;\ a;\ R_1$	R	$R = \frac{a^2+b^2-2aR_1}{2\,(b-R_1)}$
	$R;\ \alpha$	x	$x = R\cdot\text{tg}\,\frac{\alpha}{2}$

Продолжение табл. 36

Эскиз сопряжения	Величины заданные	Величины определяемые	Формула
	a; R; R_1	x; α	$\sin\alpha = \frac{R_1 - R}{a}$; $x = a\cos\alpha$
	a; R; R_1	x; α	$\cos\alpha = \frac{R + R_1 - a}{R + R_1}$; $x = (R + R_1)\sin\alpha = \sqrt{2a(R + R_1) - a^2}$
	a; c; R	x; α; β	$\operatorname{tg}\alpha = \frac{a}{c}$; $\beta = 90^\circ - \alpha$; $x = \sqrt{a^2 + c^2}$
	b; m; R	x; a; c; α; β	$\operatorname{tg}\alpha = \frac{m}{b}$; $\beta = 90^\circ - \alpha$; $x = \sqrt{b^2 + m^2} - R\left(\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} + \operatorname{tg}\frac{\beta}{2}\right)$; $a = m + R\operatorname{tg}\frac{\beta}{2} - R$; $c = b + R\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} - R$
	a; b; R; R_1 $R > R_1$	x; α; β	$x = \sqrt{a^2 + b^2 - (R - R_1)^2}$. $\operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{a}{c}$; $\sin\alpha_2 = \frac{R - R_1}{\sqrt{a^2 + c^2}}$; $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$; $\beta = 90^\circ - \alpha$
	b; m; R; R_1	x; a; c; α; β	$\operatorname{tg}\alpha = \frac{m}{b}$; $\beta = 90^\circ - \alpha$; $x = \sqrt{b^2 + m^2} - R\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} - R\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}$; $a = m + R_1\operatorname{tg}\frac{\beta}{2} - R$; $c = b + R\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} - R_1$

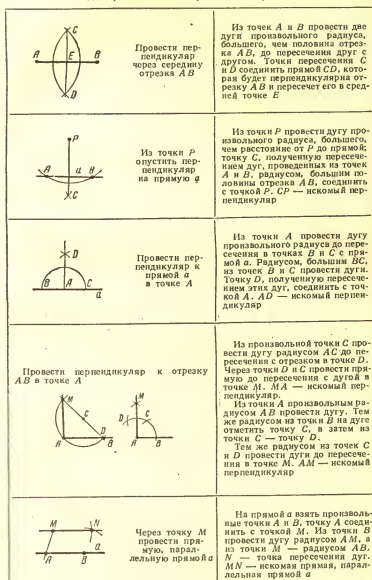
Продолжение табл. 36

Эскиз сопряжения	Величины: заданные	Величины: определяемые	Формула
	b; a; R; R_1; $R+R_1=b$	x; α	$x=\sqrt{a^2-(R+R_1)^2}$; $\sin\alpha=\frac{R+R_1}{a}$
	b; a; R; R_1; $R=R_1$; $R\neq R_1$; $R+R_1>b$	x; α	$x=\sqrt{a^2+b^2-2b(R+R_1)}$; $\operatorname{tg}\beta=\frac{R+R_1-b}{a}$; $\operatorname{tg}\gamma=\frac{x}{R+R_1}$; $\alpha=90^\circ-(\beta+\gamma)$
	a; b; R; R_1; $R_1+R=a$	x; y; α	$\operatorname{tg}\alpha=\frac{a}{b}$; $x=\sqrt{a^2-b^2}-a\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$; $y=b+a\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$
	a; y; R; R_1; $R+R_1=a$	x; α	$\sin\alpha=\frac{a}{y}$; $x=\sqrt{y^2-a^2}$
	a; b; R; R_1; $R+R_1<a$	x; α	$x=\sqrt{b^2+a^2-2a(R+R_1)}$; $\operatorname{tg}\beta=\frac{a-R-R_1}{b}$; $\operatorname{tg}\gamma=\frac{x}{R+R_1}$; $\alpha=90-(\gamma-\beta)$
	a; b; α; R; R_1	x; y; z; β; δ	$\sin\gamma=\frac{(R-b)\sin\alpha+a\cos\alpha-R_1}{R-R_1}$; $\beta=\gamma-\alpha$; $\delta=90^\circ-\gamma$; $x=(R-R_1)\sin\beta$; $y=(R-R_1)\cos\beta-R+b$; $z=\frac{a}{\sin\alpha}-R_1\operatorname{ctg}\alpha-(R-R_1)\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$

Продолжение табл. 36

Эскиз сопряжения	Величины: заданные	Величины: определяемые	Формула
	a; b; R	x; α; β	$x = \sqrt{a^2 + b^2 - R^2}$; $\operatorname{tg}\gamma = \frac{a}{b}$; $\operatorname{tg}\delta = \frac{x}{R}$; $\alpha = 180^\circ - (\gamma + \delta)$; $\beta = 90^\circ - \alpha$
	a; b; R	x; α; β; δ	$x = \sqrt{a^2 + b^2 - R^2}$; $\operatorname{tg}\gamma = \frac{a}{b}$; $\operatorname{tg}\delta = \frac{x}{R}$; $\alpha = 180^\circ - (\gamma + \delta)$; $\beta = \alpha - 90^\circ$
	a; b; R	x; y; α	$\operatorname{tg}\alpha = \frac{a}{b}$; $x = \sqrt{a^2 + b^2} - R \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$; $y = R \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} + b$
	a; b; R	x; y; α; β	$\operatorname{tg}\beta = \frac{a}{b}$; $\alpha = 90^\circ + \beta$; $x = \sqrt{a^2 + b^2} - R \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$; $y = R \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} - a$
	a; b; α; β; R	γ; x; y; z; u	$\gamma = 90^\circ - \alpha - \beta$; $z = \frac{(b - a \operatorname{tg}\beta)\cos\beta}{\sin\gamma} - R \operatorname{tg}\frac{\gamma}{2}$; $u = \frac{(a - b \operatorname{tg}\alpha)\cos\alpha}{\sin\gamma} - R \operatorname{tg}\frac{\gamma}{2}$; $x = \frac{(a - b \operatorname{tg}\alpha)\cos\alpha \sin\beta}{\sin\gamma} + R\cos\beta$; $y = \frac{(a - b \operatorname{tg}\alpha)\cos\alpha\cos\beta}{\sin\gamma} - R\sin\beta$
	R; α	x	$x = R \operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}$

37. Простейшие геометрические построения

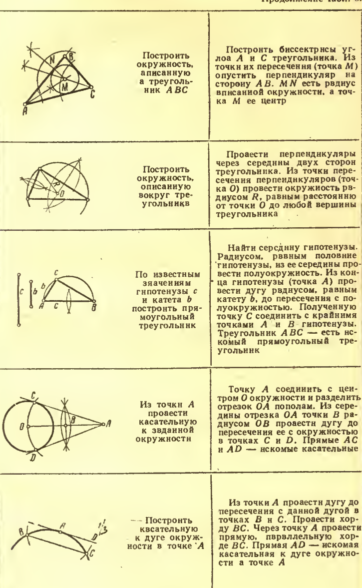


Провести перпендикуляр через середину отрезка AB	Из точек A и B провести две дуги произвольного радиуса, большего, чем половина отрезка AB, до пересечения друг с другом. Точки пересечения C и D соединить прямой CD, которая будет перпендикулярна отрезку AB и пересечет его в средней точке E
Из точки P опустить перпендикуляр на прямую a	Из точки P провести дугу произвольного радиуса, большего, чем расстояние от P до прямой; точку C, полученную пересечением дуг, проведенных из точек A и B, радиусом, большим половины отрезка AB, соединить с точкой P. CP — искомый перпендикуляр
Провести перпендикуляр к прямой a в точке A	Из точки A провести дугу произвольного радиуса до пересечения в точках B и C с прямой a. Радиусом, большим BC, из точек B и C провести дуги. Точку D, полученную пересечением этих дуг, соединить с точкой A. AD — искомый перпендикуляр
Провести перпендикуляр к отрезку AB в точке A	Из произвольной точки C провести дугу радиусом AC до пересечения с отрезком в точке D. Через точки D и C провести прямую до пересечения с дугой в точке M. MA — искомый перпендикуляр. Из точки A произвольным радиусом AB провести дугу. Тем же радиусом из точки B на дуге отметить точку C, а затем из точки C — точку D. Тем же радиусом из точек C и D провести дуги до пересечения в точке M. AM — искомый перпендикуляр
Через точку M провести прямую, параллельную прямой a	На прямой a взять произвольные точки A и B, точку A соединить с точкой M. Из точки B провести дугу радиусом AM, а из точки M — радиусом AB. N — точка пересечения дуг. MN — искомая прямая, параллельная прямой a

Продолжение табл. 37

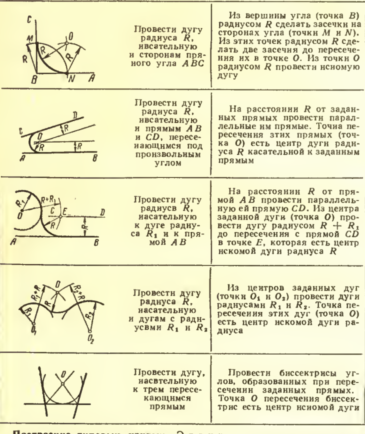
M N C a A B	Из произвольной точки C прямой a провести полуокружность радиусом CM, на которой радиусом AM из точки B отметить точку N. MN — искомая прямая	
	Провести прямую, параллельяую данной прямой, на заданном расстоянии	Из произвольной точки заданной прямой восстаноанть перпендиуляр, от прямой на перпендиуляре отложить расстояние и через полученную точку проаести прямую, параллельную данной
A B 1 2 3 4 5 C	Разделить отрезок AB на равные части (например, на 5 частей)	Через точку A провести прямую AC под произаольным углом. На прямой AC от точии A отложить рааные отрезии ($A1 = 12 = 23 = \ldots$) произаольной длины. Число отрезков равно числу частей, на которое нужно разделить отрезок AB. Конец последнего отрезка соединить с точкой B прямой Bn ($B5$). Через точки 1, 2, 3 . . . проаести прямые, параллсльные Bn, которые разделят отрезок AB на заданное число равных частей
C D B A	Построять биссектрису угла ABC	Из аершины угла (точка B) проаести дугу произаольного радиуса до пересечения со сторонамн угла. Из точеи пересечения A и C проаести дуги. Точку D пересечения дуг соединить с вершиной угла. Прямая BD — биссеитриса угла
C F B A D E	На прямой E построить угол, равный даиному углу ABC	Из вершины угла ABC (точна B) проаести дугу произаольного радиуса. Тем же радиусом проаестн дугу нз точии D. Из точии E проаести дугу радиусом AC. Точиу пересечения дуг F соединить с точкой D. Угол EDF рааен углу ABC
B C K D O A	На прямой OA построить углы 30°, 45° и 60°	В точке O восстановить перпендиулир OB и провести биссентрису OK угла AOB. Угол AOK равен 45°. Из точки O проаести дугу произаольного радиуса OA. На этой дуге тем же радиусом сделать отметии от точеи A и B. Провести прямые OC и OD. Угол AOD рааен 30°, угол AOC 60°

Продолжение табл. 37



	Построить окружность, вписанную в треугольник ABC	Построить биссектрисы углов A и C треугольника. Из точки их пересечения (точка M) опустить перпендикуляр на сторону AB. MN есть радиус вписанной окружности, а точка M ее центр
	Построить окружность, описанную вокруг треугольника	Провести перпендикуляры через середины двух сторон треугольника. Из точки пересечения перпендикуляров (точка O) провести окружность радиусом R, равным расстоянию от точки O до любой вершины треугольника
	По известным значениям гипотенузы c и катета b построить прямоугольный треугольник	Найти середину гипотенузы. Радиусом, равным половине гипотенузы, из ее середины провести полуокружность. Из конца гипотенузы (точка A) провести дугу радиусом, равным катету b, до пересечения с полуокружностью. Полученную точку C соединить с крайними точками A и B гипотенузы. Треугольник ABC — есть искомый прямоугольный треугольник
	Из точки A провести касательную к заданной окружности	Точку A соединить с центром O окружности и разделить отрезок OA пополам. Из середины отрезка OA точки B радиусом OB провести дугу до пересечения ее с окружностью в точках C и D. Прямые AC и AD — искомые касательные
	Построить касательную к дуге окружности в точке A	Из точки A провести дугу до пересечения с данной дугой в точках B и C. Провести хорду BC. Через точку A провести прямую, параллельную хорде BC. Прямая AD — искомая касательная к дуге окружности в точке A

Продолжение табл. 37



	Провести дугу радиуса R, касательную к сторонам прямого угла ABC	Из вершины угла (точка B) радиусом R сделать засечки на сторонах угла (точки M и N). Из этих точек радиусом R сделать две засечки до пересечения их в точке O. Из точки O радиусом R провести искомую дугу
	Провести дугу радиуса R, касательную к прямым AB и CD, пересекающимся под произвольным углом	На расстоянии R от заданных прямых провести параллельные им прямые. Точка пересечения этих прямых (точка O) есть центр дуги радиуса R касательной к заданным прямым
	Провести дугу радиуса R, касательную к дуге радиуса R_1 и к прямой AB	На расстоянии R от прямой AB провести параллельную ей прямую CD. Из центра заданной дуги (точка O) провести дугу радиусом $R + R_1$ до пересечения с прямой CD в точке E, которая есть центр искомой дуги радиуса R
	Провести дугу радиуса R, касательную и дугам с радиусами R_1 и R_2	Из центров заданных дуг (точки O_1 и O_2) провести дуги радиусами R_1 и R_2. Точка пересечения этих дуг (точка O) есть центр искомой дуги радиуса
	Провести дугу, касательную к трем пересекающимся прямым	Провести биссектрисы углов, образованных при пересечении заданных прямых. Точка O пересечения биссектрис есть центр искомой дуги

Построение типовых кривых Э л л и п с — геометрическое место точек, сумма расстояний которых от двух неподвижных точек — фокусов есть величина постоянная. Уравнение эллипса

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

где a — величина большой полуоси; b — малой полуоси.

Для построения эллипса проводят две окружности радиусами, равными большой и малой полуоси эллипса (рис. 4). Большую окружность делят на произвольное число равных частей. Полученные точки *1*, *2*, *3* и т. д. соединяют с центром окружностей. Точки $1'$, $2'$, $3'$ и т. д. получаются от пересечения лучей *1—0*, *2—0*, *3—0* и т. д. с малой окружностью. Из точек *1*, *2*, *3* и т. д. проводят прямые, параллельные оси OY,

а из точек $1'$, $2'$, $3'$ и т. д. — прямые, параллельные оси OX. Точки пересечения одноименных прямых I, II, III и т. д. будут искомыми точками; соединяя их плавной кривой, получим эллипс.

Построение эллипса непрерывным движением при помощи нити основано на следующем свойстве эллипса: $r_1 + r = \text{const} = 2a$ (где r и r_1 расстояния от точки эллипса до фокусов). Беря нить дли-

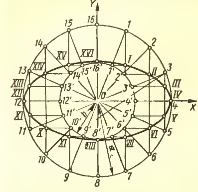


Рис. 4

Рис. 5

ной, равной $2a$, и укрепляя ее концы в фокусах эллипса, натягивают острием карандаша и обводят кривую эллипса.

П а р а б о л а — геометрическое место точек, равноудаленных от неподвижной точки — фокуса F и неподвижной прямой — директрисы LL' ($FIII = 3'III$, рис. 5).

Уравнение параболы $y^2 = 2px$, где p — параметр, равный расстоянию между фокусом F и директрисой LL'.

Первый способ построения параболы. Даны директриса LL' и фокус F. Ось OX находят проведением прямой, перпендикулярной LL', через точку F. Вершина параболы O будет лежать в середине отрезка MF. От точки O по оси OX откладывают произвольные равные отрезки, и из полученных точек 1, 2, 3 и т. д. восставляют перпендикуляр к оси OX. Из фокуса F проводят окружности радиусами $1—M$, $2—M$, $3—M$ и т. д. Их пересечения с вертикальными прямыми, проведенными через точки 1, 2, 3 и т. д., дадут точки I, II, III и т. д.; соединяя их плавной кривой, получают параболу.

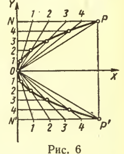


Рис. 6

Второй способ построения. Даны вершина O, ось OX и точка параболы P (рис. 6). Строят прямоугольник $PNN'P'$; отрезки PN, NO, ON' и $N'P'$ делят на равное число частей. Из точек 1, 2 и 3 отрезков NO и ON' проводят прямые, параллельные оси OX, а точки 1, 2 и 3 отрезков NP и $N'P'$ соединяют с точкой O. Пересечения одноименных прямых дадут точки параболы.

Гипербола — геометрическое место точек, разность расстояний которых от двух неподвижных точек — фокусов F и F_1 есть величина постоянная (рис. 7). Уравнение гиперболы

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

где a — расстояние от вершин до начала координат, равных $OA = OB$; $b = \sqrt{c^2 - a^2}$ (где $c = OF = OF_1$ — есть расстояние от фокуса до начала координат [1]).

Первый способ построения гиперболы. Дано положение фокусов F и F_1 и одна из точек гиперболы P. Отрезок FF_1 делят пополам и от его середины O откладывают в обе стороны отрезки OA и OB, равные разности расстояний точки P от фокусов, т. е. $\frac{1}{2}(PF_1 - PF)$. Полученные

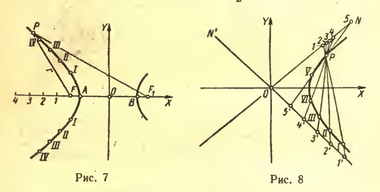


Рис. 7 Рис. 8

точки называются вершинами гиперболы. На оси OX намечают произвольные точки 1, 2, 3 и т. д. Из фокуса F, как из центра, проводят дуги радиусами $A—1$, $A—2$ и т. д.; их пересечения с дугами, проведенными из фокуса F_1 радиусами $B—1$, $B—2$ и т. д., дадут точки I, II, III и т. д. Эти точки и будут точками гиперболы.

Второй способ построения гиперболы. Даны асимптоты N и N' гиперболы и одна из ее точек P (рис. 8). Проводят через точку P пучок прямых, которые в пересечении с асимптотами дадут точки 1, 2, 3 и т. д.; $1'$, $2'$, $3'$ и т. д. От точек $1'$, $2'$, $3'$ и т. д. откладывают отрезки: $1' — I = P — 1$, $2' — II = P — 2$, $3' — III = P — 3$ и т. д. Таким образом получают точки гиперболы I, II, III и т. д. (так как у гиперболы отрезки одной прямой, заключенные между гиперболой и асимптотами, равны между собой).

Спирали. *Архимедова спираль* получается от равномерного движения точки по прямой, равномерно вращающейся вокруг точки O. Уравнение архимедовой спирали $r = a\varphi$,

[1] Величина b, отложенная по оси OY вверх и вниз, дает две точки — вершины так называемой мнимой гиперболы (гиперболы, сопряженной с данной); ее уравнение $\frac{y^2}{b^2} - \frac{x^2}{a^2} = 1$.

где a — коэффициент увеличения радиуса при увеличении угла его поворота (рис. 9).

Для построения архимедовой спирали проводят окружность радиусом $OA = r_0 = 2\pi a$, где r_0 — есть путь, пройденный точкой по прямой за время ее поворота на 360°. Радиус OA делят на произвольное равное число частей, и на такое же число равных частей делят окружность. На лучах $O — I'$, $O—2'$ и т. д. от центра откладывают отрезки $O—I$, $O—II$, $O—III$ и т. д., соответственно равные длинам $O—1$, $O—2$ и т. д. Полученные точки I, II, III и т. д. и будут точками архимедовой спирали.

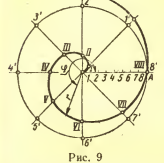


Рис. 9

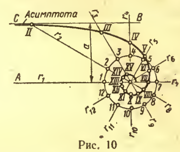


Рис. 10

Гиперболическая спираль (рис. 10) получается от движения точки по вращающемуся лучу таким образом, что ее расстояние от центра вращения всегда будет обратно пропорционально углу поворота луча, измеренному от начального положения. Уравнение гиперболической спирали

$$r\varphi = a,$$

где a — расстояние асимптоты спирали от начала координат.

Так как при $\varphi \to 0$ $r \to \infty$, то прямая BC, проведенная параллельно оси OA на расстоянии a, есть асимптота спирали. При $\varphi \to \infty$ $r \to 0$; поэтому полюс O есть асимптотическая точка спирали, вокруг которой спираль описывает бесконечное число оборотов и никогда ее не достигает.

Для построения гиперболической спирали проводят из полюса O, как из центра, окружность произвольного радиуса и делят ее на произвольное число равных частей. Через полученные точки 1, 2, 3 и т. д. проводят лучи из полюса O. Если окружность была разделена на 12 частей, то φ_1, соответствующее первому лучу, равно 0; следовательно, $r_1 = \infty$; $\varphi_2 \approx \frac{\pi}{6}$; $r_2 = \frac{6a}{\pi}$, аналогично $r_3 = \frac{6a}{\pi}$; $r_4 = \frac{6a}{3\pi}$; $r_5 = \frac{6a}{4\pi}$ и т. д.

Величину r откладывают на соответствующих лучах; полученные точки II, III, IV и т. д. и будут точками гиперболической спирали. При $\varphi \to 0$ кривая асимптотически приближается к прямой BC; при $\varphi \to \infty$ кривая асимптотически приближается к полюсу O.

Логарифмическая спираль (рис. 11) получается от движения точки по лучу таким образом, что ее расстояния от центра растут по закону

геометрической прогрессии, если углы поворота этого луча изменяются (возрастают) по закону арифметической прогрессии.

Уравнение логарифмической спирали $r = ae^{m\varphi}$, где a — радиус спирали при $\varphi = 0$ и $m > 0$. Так как при $\varphi \to \infty$ $r \to 0$, то полюс будет асимптотической точкой, вокруг которой спираль описывает бесконечное число оборотов, никогда ее не достигая.

Для построения логарифмической спирали следует задаться величиной m. Пусть $m = 0{,}5$; чтобы построить дугу спирали в промежутке от O до π, этот угол (т. е. от O до π) делят на некоторое число равных частей, например 6. Тогда $\angle\varphi$ для каждого радиуса равен $\frac{\pi n}{6}$, где $n = 0$ для φ_0,

Рис. 11

Рис. 12

$n = 1$ для φ_1, $n = 2$ для φ_2 и т. д. Отсюда $r = ae^{\frac{0.5\pi}{6}} = a\cdot 1{,}3^n$; тогда $r_0 = a\cdot 1{,}3^0$; $r_1 = a\cdot 1{,}3^1$; $r_2 = a\cdot 1{,}3^2$; $r_3 = a\cdot 1{,}3^3$ и т. д. Для того чтобы получить графически значения r_0, r_1, r_2 и т. д., на оси OX откладывают величину $OA = a$, а на оси OY величину $OB = 1{,}3a$; A и B соединяют прямой, затем проводят прямую CB перпендикулярно к полученной прямой AB; CD перпендикулярно CB; DE перпендикулярно CD и т. д. Тогда отрезки CO, DO, EO и т. д. дадут искомые величины $CO = a \times 1{,}3^2 = r_2$; $DO = a\cdot 1{,}3^3 = r_3$ и т. д., которые и откладывают на соответственных лучах. Таким образом находят точки I, II, III и т. д. логарифмической спирали.

Чтобы найти точки пересечения координатных осей с продолжением спирали, точку I соединяют с точкой IV, затем проводят прямую $I—VIII$ перпендикулярно $I—IV$, $VIII—IX$ перпендикулярно $VIII—I$ и т. д. Полученные точки $VIII$, IX, X и т. д. будут тоже точками логарифмической спирали. Угол α, образованный касательной с радиусом вектором, будет для всех точек спирали постоянным и равным arcctg m.

Циклические кривые. *Циклоида* (рис. 12) — кривая, описанная точкой, лежащей на окружности, при качении окружности по прямой без скольжения. Уравнения циклоиды $x = r(\varphi - \sin\varphi)$; $y = r(1 - \cos\varphi)$, где r — радиус катящейся окружности, а φ — угол, образуемый радиусом и осью окружности.

Для построения циклоиды на прямой AB откладывают отрезок $AC = \pi r$, равный половине длины катящейся окружности. Дугу AD и прямую AC делят на одинаковое число равных частей, например четыре.

Из полученных точек *1*, *2*, *3* и т. д. проводят прямые, параллельные AC, а из точек $1'$, $2'$, $3'$ и т. д. проводят прямые, перпендикулярные AC. От точек пересечения одноименных прямых $1''$, $2''$, $3''$ и т. д. откладывают отрезки $2''—II = a — 2$; $3'' — III = b — 3$ и т. д.; точки *I*, *II*, *III* и т. д. будут точками циклоиды.

Удлиненная (*или укороченная*) *циклоида* получается, когда описывающая ее точка находится внутри (или снаружи) катящейся окружности, на расстоянии p от центра. Уравнение этой циклоиды

$$x = r\varphi - p\sin\varphi;\quad y = r - p\cos\varphi.$$

Эпициклоида (рис. 13) — кривая, описанная точкой, лежащей на окружности, при качении без скольжения этой окружности

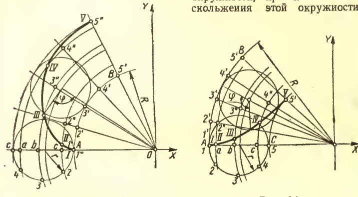


Рис. 13 Рис. 14

по другой окружности, касаясь ее извне. Уравнение эпициклоиды

$$x = (R + r)\cos\frac{r}{R}\varphi - r\cos\frac{R+r}{R}\varphi;$$

$$y = (R + r)\sin\frac{r}{R}\varphi - r\sin\frac{R+r}{R}\varphi,$$

где R — радиус основной окружности; r — радиус катящейся окружности; φ — угол, описываемый радиусом r.

Для построения эпициклоиды на основной окружности откладывают дугу $AB = \pi r$, равную половине катящейся окружности. Дуги AB и AC делят на одинаковое число равных частей, например на четыре. Через точки $1'$, $2'$, $3'$ и т. д. проводят лучи из точки O, а через точки *1*, *2*, *3* и т. д. проводят окружности с центром в точке O. От точек $1''$, $2''$, $3''$ и т. д., полученных при пересечении окружностей с соответственными лучами, откладывают дуги $2'' — II = c — 2$; $3'' — III — b — 3$ и т. д. Точки *I*, *II*, *III* и т. д. будут точками эпициклоиды.

Удлиненная (*или укороченная*) *эпициклоида* получается, когда описывающая ее точка находится внутри или снаружи катящейся окружности на расстоянии p от центра. Уравнение этой эпициклоиды

$$x = (R+r)\cos\frac{r}{R}\varphi - p\cos\frac{R+r}{R}\varphi;\quad y = (R+r)\sin\frac{r}{R}\varphi - p\sin\frac{R+r}{R}\varphi.$$

Гипоциклоида (рис. 14) — кривая, описанная точкой, лежащей на окружности, при качении без скольжения этой окружности по другой окружности, касаясь ее изнутри. Уравнение гипоциклоиды

$$x=(R-r)\cos\frac{r}{R}\varphi+r\cos\frac{R-r}{R}\varphi;\quad y=(R-r)\sin\frac{r}{R}\varphi-r\sin\frac{R-r}{R}\varphi,$$

где R — радиус основной окружности; r — радиус катящейся окружности; φ — угол, описываемый радиусом r. Гипоциклоиду строят аналогично построению эпициклоиды. Уравнение удлиненной (или укороченной) гипоциклоиды

$$x=(R-r)\cos\frac{r}{R}\varphi+\rho\cos\frac{R-r}{R}\varphi;\quad y=(R-r)\sin\frac{r}{R}\varphi-\rho\sin\frac{R-r}{R}\varphi,$$

где ρ — расстояние точки, описывающей гипоциклоиду, от центра катящейся окружности.

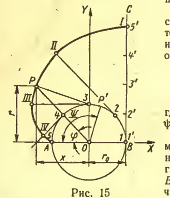


Рис. 15

Эвольвента окружности (рис. 15) — кривая, описанная точкой, лежащей на прямой, при качении без скольжения этой прямой по окружности.

Уравнение эвольвенты

$$x = r_o(\cos\psi + \psi\sin\psi);$$
$$y = r_o(\sin\psi - \psi\cos\psi),$$

где r_0 — радиус основной окружности; ψ — угол поворота прямой.

Для построения эвольвенты на прямой BC откладывают отрезок BD, равный полуокружности катящегося круга, равного дуге $AB = \pi r_0$. Прямую BD и дугу AB делят на одинаковое число равных частей, например на четыре. Через точки 1, 2, 3 и т. д. проводят касательные к окружности и на них откладывают отрезки $2 - II = 2' - 5'$, $3 - III = 3' - 5'$ и т. д. Точки I, II, III и т. д. будут точками эвольвенты.

38. Некоторые расчеты для построения и контроля элементов профиля

Эскиз	Определяемая величина	Формулы
(c, α, O_1, b)	Координаты центра окружности, сопрягающей стороны угла. Дано: α; R Найти: b; c	$b = r\,\mathrm{ctg}\,\frac{\alpha}{2}$; $c = \dfrac{r}{\sin\frac{\alpha}{2}}$

Продолжение табл. 38

Эскиз	Определяемая величина	Формулы
	Координаты центров окружностей, сопрягающих стороны равнобедренного треугольника. Дано: a; R; r; α Найти: x; x_1; x_2; y; y_1	$x = \frac{a}{2}$; $y_1 = r$; $\beta = 90° - \frac{\alpha}{2}$; $y = \frac{a}{2\,\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2}} - \frac{R}{\sin\frac{\alpha}{2}}$; $x_1 = \frac{r}{\mathrm{tg}\frac{\beta}{2}}$; $x_2 = a - \frac{r}{\mathrm{tg}\frac{\beta}{2}}$
	Координаты центров двух окружностей, заданных величиной радиуса и центральным углом. Дано: α; R Найти: c; h	$c = 2R\sin\frac{\alpha}{2}$; $h = 2R\sin^2\frac{\alpha}{4}$
	Координаты центров окружностей, сопрягающих дугу и прямую. Дано: R; r; b Найти: x; y	$x = \sqrt{(R-r)^2 - (b+r)^2}$ $y = b + r$
	Координаты центроа окружностей, сопрягающих стороны прямоугольного треугольника. Дана: α; β; A; R Найти: x; x_1; y; y_1	$x = R$; $y = R$; $y_1 = A\,\mathrm{tg}\,\beta - R\,\mathrm{ctg}\frac{\alpha}{2}$; $x_1 = A - R\,\mathrm{ctg}\frac{\beta}{2}$

Продолжение табл. 38

Эскиз	Определяемая величина	Формулы
	Координаты пересечения прямых по ролику, касательному к ним. Дано: α; a; r Найти: b	$b = a + r\ \mathrm{ctg}\left(\frac{90° - \alpha}{2}\right) + r$
	Высота углового профиля по мерному валику. Дано: α; r; a Найти: h; m; b	$h = r\ \mathrm{ctg}\frac{\alpha}{2}$; $m = h + r$; $b = m - a$
	Глубина угловой впадины по мерному валику. Дано: α; β; r; a Найти: h; m; b	$\gamma = \beta - \alpha$; $\gamma_1 = \gamma$; $h = OC\cos\gamma_1$; $OC = \frac{r}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}$; $m = h + r$; $h = \frac{r}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}\cos(\beta - \alpha)$; $b = m - a$
	Ширина углового выступа мерных валиков. Дано: α; r; a Найти: c	$c = a + 2r\ \mathrm{ctg}\frac{\alpha}{2} + 2r$
	Высота углового среза по ролику касательному к плоскости среза и образующей цилиндра. Дано: α; r; a; d Найти: b; c; h	$b = \frac{d}{2}\ \mathrm{tg}\,\alpha$; $c = \mathrm{ctg}\frac{90° - \alpha}{2}\,r$; $h = a - b + c + r$

Продолжение табл. 38

Эскиз	Определяемая величина	Формулы
	Координаты центра радиуса дугового вогнутого профиля. Дано: R; r; a Найти: b; h	$b=\sqrt{(R-r)^2-(a+r)^2}$ $h=b-r$
	Координата центра дугового участка выпуклого профиля. Дано: R; r; a Найти: b; h	$b=\sqrt{(R+r)^2-(a-r)^2}$ $h=b+r$
	Элементы призмы Дано: α; a; R; l Найти: A; B	$A=(2R\cos\alpha-2a)\operatorname{ctg}\alpha+C$, $C=2R\sin\alpha$; $B=\frac{A-l}{2}\operatorname{tg}\alpha$
	Радиус окружности, вписанной в угловую впадину. Дано: A; α Найти: r	$r=\frac{A}{2}\operatorname{tg}\frac{90^\circ+\frac{\alpha}{2}}{2}$

Продолженне табл. 38

Эскиз	Определяемая величина	Формулы
	Угол точки сопряжения одноименных дуг. Дано: A; r; R Найти: α	$\sin\alpha = \frac{A}{R - r}$
	Угол точки сопряжения разноименных дуг. Дано: A; r; R Найти: α	$\sin\alpha = \frac{A}{R + r}$
	Координаты сопряжения дуги и наклонной прямой. Дано: α; r Найти: a; b; c	$a = r\ \mathrm{tg}\left(45^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)$; $b = a \sin\alpha$; $c = a\cos\alpha$
	Координаты пересечения окружности с наклонной прямой. Дано: α; R; A; B Найти: X; Y	$X = R\sin(\alpha + \beta)$; $Y = R\cos(\alpha + \beta)$. $\sin\beta = \frac{a}{A}$; $a = A \cdot b\cos\alpha$; $b = B\ \mathrm{tg}\,\alpha$
	Координаты центра дуги, сопрягающей окружность с наклонной прямой. Дано: α; A; L; R; r Найти: X; Y	$X = (R + r)\sin(\alpha + \beta)$; $Y = (R + r)\cos(\alpha + \beta)$; $\cos\beta = \frac{a}{R + r}$; $a = r + b$; $b = (c + A)\cos\alpha$; $c = L\ \mathrm{tg}\,\alpha$

Продолжение табл. 38

Эскиз	Определяемая величина	Формулы
	Координаты центра окружности, проходящей через две точки. Дано: A; B; R Найти: X; Y	$X = R\sin(\alpha - \beta)$; $Y = R\cos(\alpha - \beta)$; $\operatorname{ctg}\alpha = \frac{A}{B}$; $\sin\beta = \frac{C}{2R}$; $C = \sqrt{A^2 + b^2}$
	Расстояние между центрами окружностей, касательных к общей наклонной прямой. Дано: α; R; r; A Найти: X	$X = a + b + c$; $a + c = (r + R)\operatorname{tg}\beta$; $\beta = \frac{90^\circ - \alpha}{2}$; $b = (r + A + R)\operatorname{tg}\alpha$
	Положение касательной к двум окружностям. Дано: p; a; R; r Найти: α	$\alpha = \beta - \gamma$; $\operatorname{tg}\beta = \frac{a}{p}$; $\sin\gamma = \frac{R + r}{c}$; $c = \sqrt{p^2 + a^2}$

39. Формулы для определения объемов и поверхностей и положения центра тяжести тел. Обозначения: V — объем; $S_б$ — боковая поверхность; $S_п$ — полная поверхность; T — центр тяжести; $h_т$ — высота центра тяжести

Тело	Формула
Куб	$V = a^3$; $S_п = 6a^2$, где a — ребро куба; T в точке пересечения диагоналей
Параллелепипед прямоугольный	$V = abc$; $S_п = 2(ab + bc + ca)$, где a, b, c — непараллельные ребра («измерения»); T в точке пересечения диагоналей

Продолжение табл. 39

Тело	Формула
Призма прямая	$V = Bh$; $S_б = ph$; $S_п = S_б + 2B$, где B — площадь основания; p — периметр основания; h — высота
Призма наклонная	$V = B \cdot h = Ql$; $S_б = p_{сеч} l$; $S_п = S_б + 2B$, где $p_{сеч}$ — периметр перпендикулярного сечения; l — боковое ребро; B — площадь основания; Q — площадь сечения; h — высота
Пирамида	$V = \frac{1}{3} Bh$; $h_T = \frac{h}{4}$, где B — площадь основания; h — высота
Пирамида усеченная	$V = \frac{1}{3} h \left(B + b + \sqrt{Bb}\right)$, где B, b — площадь оснований; h — высота
Обелиск (плоскости боковых граней не пересекаются в одной точке; основания — прямоугольники)	$V = \frac{h}{6}\left[(2a + a_1) b + (2a_1 + a) b_1\right] = \frac{h}{6}\left[ab + (a + a_1)(b + b_1) + a_1 b_1\right]$, где a, b, a_1, b_1 — стороны оснований; h — высота

Продолжение табл. 39

Тело	Формула
Клин (основание — прямоугольник; боковые грани — равнобедренные треугольники и равнобочные трапеции)	$V = \frac{1}{6}(2a + a_1)\, b \cdot h$, где a, b — стороны основания; a_1 — верхнее ребро; h — высота
Цилиндр круглый, прямой	$V = \pi r^2 h$; $h_T = \frac{h}{2}$; $S_б = 2\pi r \cdot h$; $S_п = 2\pi r\,(r + h)$, где r — радиус; h — высота
Цилиндр круглый, прямой, усеченный	$V = \pi r^2 \frac{h_1 + h_2}{2}$; $S_б = \pi r\,(h_1 + h_2)$; $S_п = \pi r \left[h_1 + h_2 + r + \sqrt{r^2 + \left(\frac{h_1 - h_2}{2}\right)^2}\right]$, где r — радиус; h_1, h_2 — наибольшая и наименьшая образующие
Конус круглый, прямой	$V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$; $h_T = \frac{1}{4}h$; $S_б = \pi r l = \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$; $S_п = \pi r\,(r + l)$, где r — радиус основания; l — образующая; h — высота
Конус круглый, прямой, усеченный	$V = \frac{1}{3}\pi h\,(R^2 + r^2 + Rr)$; $S_б = \pi l\,(R + r)$; $S_п = \pi\,[R^2 + r^2 + l\,(R + r)]$; $h_T = \frac{h}{4} \cdot \frac{R^2 + 2Rr + 3r^2}{R^2 + Rr + r^2}$, где R — радиус основания; l — образующая; h — высота; r — радиус верхнего основания

Продолжение табл. 39

Тело	Формула
Труба цилиндрическая	$V = \pi l\,(R^2 - r^2) = 2\pi l\,(R - r)\,\rho;$ $\rho = \frac{R + r}{2}$; $h_l = \frac{1}{2}h,$ где R — внешний радиус; r — внутренний радиус; l — длина; ρ — средний радиус
Шар	$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 4{,}189r^3 = 0{,}524d^3;$ $S_n = 4\pi r^2 = 12{,}57r^2 = \pi d^2 = 4{,}836\sqrt[3]{V^2},$ где r — радиус; d — диаметр
Шаровой сектор	$V = \frac{2}{3}\pi r^2 h = 2{,}0944r^2 h$; $S_б = 2\pi rh;$ $S_n = \pi r\,(a + 2h)$; $h_T = \frac{3}{4}\left(r - \frac{h}{2}\right)$, где r — радиус шара; a — радиус сечения, h — высота
Шаровой сегмент	$V = \frac{1}{6}\pi h\,(3a^2 + h^2);$ $S_б = 2\pi rh = \pi\,(a^2 + h^2);$ $S_n = \pi\,(2rh + a^2) = \pi\,(h^2 + 2a^2),$ где r — радиус шара; a — радиус сечения; h — высота
Шаровой слой	$V = \frac{1}{6}\pi h\,(3a^2 + 3b^2 + h^2);$ $S_б = 2\pi rh$; $S_n = \pi\,(2rh + a^2 + b^2),$ где r — радиус шара; a, b — радиусы сечений; h — высота

Продолжение табл. 39

Тело	Формулы
Тор круговой (сечение тора — круг)	$V = 2\pi^2 R r^2$; $S_n = 4\pi^2 R r$, где R — радиус вращения центра круга; r — радиус вращающегося круга
Тор прямоугольный (сечение тора — прямоугольник)	$V = 2\pi^2 abR$; $S_n = 2\pi^2 (a + b) R$, где a, b — стороны прямоугольника; R — радиус вращения центра тяжести прямоугольника
Тор эллиптический (сечение тора — эллипс)	$V = \frac{4}{3}\pi a b^2$; $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$; $S_n = 2\pi ab\left(\frac{b}{a} + \frac{\arcsin e}{e}\right)$, где a, b — полуоси эллипса; R — радиус вращения точки пересечения осей; e — эксцентриситет

Определение координат центров тяжести тел. Метод разделения. Тело объемом V разбивают на i частей, объемы V_i и координаты центров тяжести x_i, y_i, z_i которых известны. Координаты центра тяжести всего тела x_0, y_0, z_0 вычисляют по формулам

$$x_0 = \frac{\sum V_i x_i}{V}; \quad y_0 = \frac{\sum V_i y_i}{V};$$

$$z_0 = \frac{\sum V_i z_i}{V}.$$

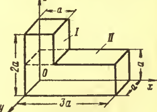


Рис. 16

Пример. Определить координаты центра тяжести тела, показанного на рис. 16. Разобьем тело на две части: куб (I) и параллелепипед (II). В принятой системе координат центр тяжести куба определяется координатами: $x_1 = 0{,}5a$; $y_1 =$

$= 0{,}5a$; $z_1 = 1{,}5a$. Объем куба $V_1 = a^3$. Для параллелепипеда: $x_2 = 1{,}5a$; $y_2 = 0{,}5a$; $z_2 = 0{,}5a$; $V_2 = 3a^3$. Объем тела $V = 4a^3$.

Вычислим координаты центра тяжести тела:

$$x_0 = \frac{a^3 \cdot 0{,}5a + 3a^3 \cdot 1{,}5a}{4a^3} = \frac{5a^4}{4a^3} = 1{,}25a;$$

$$y_0 = \frac{a^3 \cdot 0{,}5a + 3a^3 \cdot 0{,}5a}{4a^3} = \frac{2a^4}{4a^3} = 0{,}5a;$$

$$z_0 = \frac{a^3 \cdot 1{,}5a + 3a^3 \cdot 0{,}5a}{4a^3} = \frac{3a^4}{4a^3} = 0{,}75a.$$

Метод симметрии. Если однородное тело имеет плоскость, ось или центр симметрии, то центр тяжести находится соответственно в плоскости, на оси или в центре симметрии. В первом случае задача сводится к определению двух координат центра тяжести плоской фигуры (см. табл. 30), во втором — одной координаты симметричной плоской фигуры, и в третьем — центр тяжести совпадает с центром симметрии.

Метод отрицательных объемов применяют для определения координат центра тяжести тел, имеющих пустоты и вырезы. Общий объем тела, пренебрегая пустотами и вырезами, разбивают на i частей, координаты центров тяжести которых x_i, y_i, z_i и объемы V_i известны. Аналогичную операцию проделывают с объемами пустот и вырезов. Координаты центра тяжести тела x_0, y_0 и z_0 вычисляют по формулам

$$x_0 = \frac{\sum V_i x_i - \sum V_k x_k}{V_i - V_k};$$

$$y_0 = \frac{\sum V_i y_i - \sum V_k y_k}{V_i - V_k};$$

$$z_0 = \frac{\sum V_i z_i - \sum V_k z_k}{V_i - V_k},$$

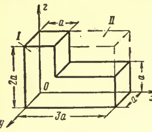


Рис. 17

где x_i, y_i, z_i — координаты центров тяжести частей полного объема тела; x_k, y_k, z_k — координаты «центров тяжести» пустот и вырезов; V_i — общий объем тела; V_k — общий объем пустот.

Пример. Для определения координат центра тяжести тела, показанного на рис. 17, представим его как параллелепипед I со сторонами $3a$, $2a$, a и вырез II.

Объем параллелепипеда $V_1 = 6a^3$, а координаты центра тяжести равны $x_1 = 1{,}5\,a$; $y_1 = 0{,}5\,a$ и $z_1 = a$. Для выреза $V_2 = 2a^3$, $x_2 = 2a$; $y_2 = 0{,}5a$, $z_2 = 1{,}5a$.

Вычислим координаты центра тяжести.

$$x_0 = \frac{6a^3 \cdot 1{,}5a - 2a^3 \cdot 2a}{6a^3 - 2a^3} = \frac{9a^4 - 4a^4}{4a^3} = 1{,}25a;$$

$$y_0 = \frac{6a^3 \cdot 0,5a - 2a^3 \cdot 0,5a}{4a^3} = 0,5a;$$

$$z_0 = \frac{6a^3 \cdot a - 2a^3 \cdot 1,5a}{4a^3} = 0,75\ a.$$

Для определения положения центра тяжести тела, состоящего из частей с разными массами, можно пользоваться методом разделения и вычислять координаты центра тяжести по формулам

$$x_0 = \frac{V_1\gamma_1 x_1 + V_2\gamma_2 x_2 + \cdots + V_i\gamma_i x_i}{V_1\gamma_1 + V_2\gamma_2 + \cdots + V_i\gamma_i};$$

$$y_0 = \frac{V_1\gamma_1 y_1 + V_2\gamma_2 y_2 + \cdots + V_i\gamma_i y_i}{V_1\gamma_1 + V_2\gamma_2 + \cdots + V_i\gamma_i};$$

$$z_0 = \frac{V_1\gamma_1 z_1 + V_2\gamma_2 z_2 + \cdots V_i\gamma_i z_i}{V_1\gamma_1 + V_2\gamma_2 + \cdots + V_i\gamma_i},$$

где V_1, V_2, . . ., V_i — объемы частей тела; x_1, x_2, x_i; y_1, y_2, y_i; z_1, z_2, z_i — координаты центров тяжести частей тела; γ_1, γ_2, . . ., γ_i — удельные веса частей тела.

СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Сведения из технической махаиики приведены в таб. 40—44, а из электротехники в табл. 45.

40. Формулы для нахождения элементов движения

Искомая величина и ее обозначение	Формулы для нахождения искомой величины		
	Равномерное движение	Равномерно-переменное движение	
		$v_0 = 0;\ \omega_0 = 0$	$v_0 > 0;\ \omega_0 > 0$
Прямолинейное движение			
Путь s в *м*	vt	$\frac{tv_t}{2} = \frac{at^2}{2} = \frac{v_t^2}{2}$	$\frac{t\,(v_0 + v_t)}{2} = v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$
Время t в *сек*	$\frac{s}{v}$	$\sqrt{\frac{2s}{a}} = \frac{v_t}{a} = \frac{2s}{v_t}$	$\frac{v_t - v_0}{2} = \frac{2s}{v_0 + v_t}$
Скорость v_t в *м/сек*	$\frac{s}{t}$	$\sqrt{2as} = \frac{2s}{t} = at$	$v_0 \pm at = \frac{s \pm \frac{at^2}{2}}{t}$

Продолжение табл. 40

Искомая величина и ее обозначение	Формулы для нахождения искомой величины		
	Равномерное движение	Равномерно-переменное движение	
		$v_0 = 0;\ \omega_0 = 0$	$v_0 > 0;\ \omega_0 > 0$
Начальная скорость v_0 в *м/сек*	—	—	$v_t \pm at = \frac{s + \frac{at^2}{2}}{t}$
Ускорение a в *м/сек²*	—	$\frac{v_t}{t} = \frac{2s}{t^2} = \frac{v_t^2}{2s}$	$\frac{v_t - v_0}{t} = \frac{2(s - v_0 t)}{t^2}$ — при ускоренном движении; $\frac{v_0 - v_t}{t} = \frac{2(v_0 t - s)}{t^2}$ — при замедленном движении
Вращательное движение (*n* — число оборотов в минуту)			
Угловой путь α_t, пройденный радиусом за время *t* в *рад*	$\omega t = \frac{\pi n t}{30}$	$\frac{t\omega_t}{2} = \frac{\varepsilon t^2}{2}\ t = \frac{\omega_t^2}{2}$	$\frac{(\omega_0 + \omega_t)\,t}{2} = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$
Время t в *сек*	$\frac{\alpha_t}{\omega} = \frac{30\alpha_t}{\pi n}$	$\frac{2\alpha_t}{\omega_t} = \sqrt{\frac{2\alpha_t}{\varepsilon}} = \frac{\omega_t}{\varepsilon}$	$\frac{\omega_t - \omega_0}{\varepsilon}$ — при ускоренном движении; $\frac{\omega_0 - \omega_t}{\varepsilon}$ — при замедленном движении
Угловая скорость ω_t за время *t* в *1/сек*	$\omega_t = \omega = \frac{\alpha_t}{t}$	$\frac{2\alpha_t}{t} = \sqrt{2\varepsilon\alpha_t} = \varepsilon t$	$\omega_0 \pm \varepsilon t = \frac{\alpha_t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}}{t}$
Начальная угловая скорость ω_0 в *1/сек*	—	0	$\omega_t \pm \varepsilon t = \frac{\alpha_t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}}{t}$

Продолжение табл. 40

Искомая величина и ее обозначение	Формулы для нахождения искомой величины		
	Равномерное движение	Равномерно-переменное движение	
		$v_0 = 0;\ \omega_0 = 0$	$v_0 > 0;\ \omega_0 > 0$
Ускорение ε в $1/сек^2$	—	$\frac{\omega_t}{t} = \frac{2\alpha_t}{t^2} = \frac{\omega_t^2}{2\alpha_t}$	$\frac{\omega_t - \omega_0}{t} = 2\frac{\alpha_t - \omega_0 t}{t^2}$ — при ускоренном движении; $\frac{\omega_0 - \omega_t}{t} = 2\frac{\omega_0 t - \alpha_t}{t^2}$ — при замедленном движении
Линейная скорость v на радиусе r в *м/сек*	$\frac{\pi r n}{30} = r\omega$	—	—
Свободное падение под действием силы тяжести есть равномерно ускоренное движение с ускорением силы тяжести g: $v = gt;\ s = \frac{vt}{2} = \frac{gt^2}{2};\ t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$.			

41. Формулы для расчета простейших механизмов

Механизм	Формулы для определения	
	силы P уравновешивающей известную силу Q	перемещения S_P точки приложения силы P
Рычаг первого рода	$P = Q\frac{b}{a}$; $b = \frac{Ql}{P+Q}$; $a = \frac{Pl}{P+Q}$	$S_P = -S_Q\frac{b}{a}$
Рычаг второго рода	$P = Q\frac{b}{o}$; $a = \frac{Ql}{Q-P}$; $b = \frac{Pl}{Q-P}$	$S_P = S_Q\frac{a}{b}$

Продолжение табл. 41

Механизм	Формулы для определения	
	силы P уравновешивающей изаестиую силу Q	перемещения S_P точки пряложения силы P
Рычаг второго ряда	$P = Q\frac{b}{a}$; $a = \frac{Ql}{P-Q}$; $b = \frac{Pl}{P-Q}$	$S_P = S_Q\frac{a}{b}$
Ворот	$P = Q\frac{r}{R}$	$S_P = -S_Q\frac{R}{r}$
Блок	$P = Q$	$S_P = -S_Q$
Система блоков	$P = \frac{Q}{2}$	$S_P = -2S_Q$
	$P = \frac{Q}{2\cos\alpha}$	$S_P = -S_Q 2\cos\alpha$

Продолжение табл. 41

Механизм	Формулы для определения	
	силы P уравновешивающей известную силу Q	перемещения S_P точки приложения силы P
P, S_p, S_Q, Q	$P = \frac{Q}{2^n}$ n — число подвижных блоков	$S_P = -S_Q 2^n$
Дифференциальный блок r, R, S_p, $\frac{Q}{2}$, $\frac{Q}{2}$, P, S_Q, Q	$P = Q\frac{R-r}{2R}$	$S_P = -S_Q\frac{2R}{R-r}$
Клиновые механизмы (без учета трения) P, l, Q, α, h, b	$P = Q \cdot \frac{h}{l} = Q \sin\alpha$	—
l, Q, P, α, h, b	$P = Q \cdot \frac{h}{l} = Q \operatorname{tg}\alpha$	—

Продолжение табл. 41

Механизм	Формулы для определения	
	силы P уравновешивающей известную силу Q	перемещения S_P точки приложения силы P
Клиновые механизмы	$P = Q \frac{\sin \alpha}{\cos \beta}$; $P_1 = Q \sin \alpha$	—
	$P = Q \cdot \frac{b}{l}$	—
	$P = Q \cdot \frac{b}{h}$	
Винтовой механизм t — шаг винта	$P = \frac{Qt}{2\pi R}$	—

42. Расчет балок с различной нагрузкой [1]

Схема и род нагрузки	Реакция опор *A*, *B* и изгибающий момент M_{max}	Допустимая нагрузка	Максимальный прогиб	Опасное сечение
(схема: консоль длиной l, заделка A, сила P на конце, прогиб f)	$A = P$; $M_{max} = Pl$	$P_\partial = \frac{\sigma_u W}{l}$	$f = \frac{Pl^3}{3EJ}$	*A*
(схема: консоль длиной l, заделка A, равномерная нагрузка q, прогиб f)	$A = Q$; $M_{max} = \frac{Ql}{2}$; $Q = ql$	$Q_\partial = \frac{2\sigma_u W}{l}$	$f = \frac{Pl^3}{8EJ}$	*A*
(схема: консоль, заделка A, силы P, P_1, P_2 на расстояниях l, l_1, l_2, прогиб f)	$A = P_1 + P_2 + P_3$; $M_{max} = Pl + P_1 l_1 + P_2 l_2$	—	$f = \frac{1}{3EJ} \times \left(Pl^3 + P_1 l_1^3 + P_2 l_2^3\right)$	*A*
(схема: балка на опорах A, B, сила P в середине C, $\frac{l}{2}$, прогиб f)	$A = B = \frac{1}{2} P$; $M_{max} = \frac{Pl}{4}$	$P_\partial = \frac{4\sigma_u W}{l}$	$f = \frac{Pl^3}{48EJ}$	*C*
(схема: балка на опорах A, B длиной l, равномерная нагрузка q, середина C, прогиб f)	$A = B = \frac{Q}{2}$; $M_{max} = \frac{Ql}{8}$; $Q = ql$	$Q_\partial = \frac{8\sigma_u W}{l}$	$f = \frac{5Ql^3}{384EJ}$	*C*

[1] Значения *J* и *W* см. в табл. 44

Продолжение табл. 42

Схема и род нагрузки	Реакция опор A, B и изгибающий момент M_{max}	Допустимая нагрузка	Максимальный прогиб	Опасное сечение
	$A = \frac{Pb}{l}$; $B = \frac{Pa}{l}$; $M_{max} = \frac{Pab}{l}$	$P_\partial = \frac{\sigma_u W l}{ab}$	$f = \frac{Pa^2b^2}{3EJl}$	C
	$A = \frac{5P}{16}$; $B = \frac{11P}{16}$, $M_{max} = \frac{3Pl}{16}$	$P_\partial = \frac{16\sigma_u W}{3l}$	$f = \frac{7Pl^3}{768EJ}$	B
	$A = \frac{3Q}{8}$; $B = \frac{5Q}{8}$; $M_{max} = \frac{Ql}{8}$; $Q = ql$	$Q_\partial = \frac{8\sigma_u W}{l}$	$f = \frac{Pl^3}{185EJ}$	B
	$A = B = \frac{P}{2}$; $M_{max} = \frac{Pl}{8}$	$P_\partial = \frac{8\sigma_u W}{l}$	$f = \frac{Pl^3}{192EJ}$	A, B, C
	$A = B = \frac{Q}{2}$; $M_{max} = \frac{Ql}{12}$; $Q = ql$	$Q_\partial = \frac{12\sigma_u W}{l}$	$f = \frac{Pl^3}{384EJ}$	A, B

Продолжение табл. 42

Схема и род нагрузки	Реакция опор A, B и изгибающий момент $M_{\max}$	Допустимая нагрузка	Максимальный прогиб	Опасное сечение
	$A = B = P$; $M_{\max} = Pc = \text{const}$	$P_{\partial} = \frac{\sigma_u W}{c}$	$f_1 = \frac{Pl^2c}{8EJl}$; $f_2 = \frac{Pc^2}{3EJ} \times \left(c + \frac{3l}{2}\right)$	Все сечения
	$A = B = \frac{Q}{2}$; $M_{\max} = \frac{Q(2l - a)}{8}$; $Q = ql$	$Q_{\partial} = \frac{8\sigma_u W}{2l - a}$	$f = \frac{Q}{384EJ} \times (8l^3 - 4l^2a + a^3)$	D

Расчет прямых стержней постоянного сечения на устойчивость. В общем случае величину критической силы $P_{кр}$ (см. табл. 43), при которой прямолинейная форма стержня становится неустойчивой, определяют по формуле Эйлера

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ}{l_{пр}^2},$$

где E — модуль упругости стержня; J — минимальный момент инерции сечения; $l_{пр}$ — приведенная длина стержня ($l_{пр} = \nu l$, здесь ν — коэффициент приведения, зависящий от схемы закрепления и нагружения стержня).

Критическое напряжение $\sigma_{кр}$ определяют по формуле

$$\sigma_{кр} = \frac{P_{кр}}{F} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2},$$

где $\lambda = \frac{l_{пр}}{i}$ — гибкость стержня; $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ — минимальный радиус инерции площади поперечного сечения стержня (см. табл. 44).

Для стальных и деревянных стержней область упругого продольного изгиба соответствует гибкости $\lambda \geqslant 95$, для чугунных стержней $\lambda \geqslant 80$.

43. Критические значения продольной силы и предельные значения момента инерции при продольном изгибе

Схема закрепления и нагружения стержня	Критическая сила $P_{кр}$	Приведенная длина $l_{пр} = \nu l$	Минимальный допустимый момент инерции при силе P
	$\frac{\pi^2 EJ}{l^2} \approx \frac{10EJ}{l^2}$	l	$\frac{Pl^2}{\pi^2 E}$
	$\frac{\pi^2 EJ}{4l^2} \approx \frac{10EJ}{l^2}$	$2l$	$\frac{4Pl^2}{\pi^2 l}$
	$\frac{\pi^2 EJ}{l^2} \approx \frac{10EJ}{l^2}$	l	$\frac{Pl^2}{\pi^2 E}$
	$\frac{4\pi^2 EJ}{l^2} \approx \frac{40EJ}{l^2}$	$\frac{l}{2}$	$\frac{Pl^2}{2\pi^2 E}$
	$\sim \frac{2\pi^2 EJ}{l^2} \approx \frac{20EJ}{l^2}$	$0{,}707l$	$\frac{Pl^2}{2\pi^2 E}$
	$\frac{4\pi^2 EJ}{l^2} \approx \frac{40EJ}{l^2}$	$\frac{l}{2}$	$\frac{Pl^2}{4\pi^2 E}$
	$\frac{9\pi^2 EJ}{l^2} \approx \frac{90EJ}{l^2}$	$\frac{l}{3}$	$\frac{Pl^2}{9\pi^2 E}$

44. Моменты инерции, моменты сопротивления и минимальный радиус инерции для наиболее распространенных профилей [*1]

Форма сечения	Моменты инерции в $см^4$	Моменты сопротивления в $см^3$	Минимальный радиус инерции поперечного сечения $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ в $см$
	$J_X = \frac{bh^3}{12}$; $J_Y = \frac{b^3h}{12}$	$W_X = \frac{bh^2}{6}$; $W_Y = \frac{hb^2}{6}$	$i_X = \frac{h}{\sqrt{12}} = 0{,}2887h$; $i_Y = \frac{b}{\sqrt{12}} = 0{,}2887b$
	$J_X = J_Y = \frac{h^4}{12}$	$W_X = W_Y = \frac{h^3}{6}$	$i_X = i_Y = \frac{h}{\sqrt{12}} = 0{,}2887h$
	$J_X = \frac{bh^3 - b_1h_1^3}{12}$; $J_Y = \frac{hb^3 - h_1b_1^3}{12}$	$W_X = \frac{bh^3 - b_1h_1^3}{6h}$; $W_Y = \frac{b^3h - h_1b_1^3}{6b}$	$i_X = \sqrt{\frac{bh^3 - b_1h_1^3}{12(hb - h_1b_1)}}$; $i_Y = \sqrt{\frac{hb^3 - h_1b_1^3}{12(bh - b_1h_1)}}$

[*1] J_X, J_Y и W_X, W_Y — моменты инерции и сопротивления относительно осей X и Y соответственно.

Продолжение табл. 44

Форма сечения	Моменты инерции в $см^4$	Моменты сопротивления в $см^3$	Минимальный радиус инерции поперечного сечения $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ в $см$
	$J_X = J_Y = \frac{h^4 - h_1^4}{12}$	$W_X = W_Y = \frac{h^4 - h_1^4}{6h}$	$i_X = i_Y = \sqrt{\frac{h^2 + h_1^2}{12}} = 0,2887\sqrt{h^2 + h_1^2}$
	$J_X = J_Y = \frac{h^4}{12}$	$W_X = W_Y = \frac{h^3\sqrt{2}}{12} = 0,1179h^3$	$i_X = i_Y = \frac{h}{\sqrt{12}} = 0,2887h$
$l = \frac{2}{3}h$	$J_X = \frac{bh^3}{36}$	$W_X = \frac{bh^2}{24}$	$i_X = 0,2357h$

Продолжение табл. 44

Формв сечения	Моменты инерции в $см^4$	Моменты сопротивленин в $см^3$	Минимальный радиус инерции поперечного сечения $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ в $см$
	$J_X = \frac{6b^2 + 6bb_1 + b_1^2}{36(b + b_1)}$	$W_X = \frac{6b^2 + 6bb_1 + b_1^2}{12(3b + 2b_1)} h^2$	$i_X = \sqrt{\frac{h^2(6b^2 + 6bb_1 + b_1^2)}{18(2b + b_1)^2}}$
	$J_X = \frac{b}{12}(h^3 - h_1^3)$; $J_Y = \frac{b^3}{12}(h - h_1)$	$W_X = \frac{b(h^3 - h_1^3)}{6b}$; $W_Y = \frac{b^2(h - h_1)}{6}$	$i_X = \sqrt{\frac{h^3 - h_1^3}{12(h - h_1)}}$; $i_Y = 0{,}2887b$
	$J_X = J_Y = \frac{\pi d^4}{64} = 0{,}0481d^4 = 0{,}7854r^4$	$W_X = W_Y = \frac{\pi d^3}{32} = 0{,}0982d^3 = 0{,}7854r^3$	$i_X = i_Y = \frac{d}{4} = \frac{r}{2}$

Продолжение табл. 44

Форма сечения	Моменты инерции в $см^4$	Моменты сопротивления в $см^3$	Минимальный радиус инерции поперечного сечения $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ в $см$
	$J_X = J_Y = \frac{\pi}{64}\left(d^4 - d_1^4\right) = 0{,}0491\left(d^4 - d_1^4\right) = \frac{\pi}{4}\left(r^4 - r_1^4\right)$	$W_X = W_Y = \frac{\pi}{32} \times \frac{d^4 - d_1^4}{d} = 0{,}0982\frac{d^4 - d_1^4}{d} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{r^4 - r_1^4}{r}$	$i_X = i_Y = 0{,}25\sqrt{d^2 - d_1^2}$
	$J_X = J_Y = 0{,}5431r$	$W_X = 0{,}625r^3$ $W_Y = 0{,}5413r^3$	$i_X = i_Y = 0{,}4565r$
	$J_X = J_Y = 0{,}6381a^4 = 0{,}8758r^4$	$W_X = W_Y = 0{,}6906a^3 = 0{,}8758r^3$	$i_X = i_Y = 0{,}514r = 0{,}4701a$

Продолжение табл. 44

Форма сечения	Моменты инерции в $см^4$	Моменты сопротивления в $см^3$	Минимальный радиус инерции поперечного сечения $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ в $см$
	$J_X = \frac{1}{3}[d(H-l)^3 + Bl^3 - b(l-d)^3]$; $J_Y = \frac{1}{3}\left[d(B-l_2)^3 + Hl_2^3 - h\left(l_2-d\right)^3\right]$; $J_S = \frac{J_Y \cos^2\alpha - J_X \sin^2\alpha}{\cos 2\alpha}$; $J_Z = \frac{J_X \cos^2\alpha - J_Y \sin^2\alpha}{\cos 2\alpha}$	$W_X = \frac{J_X}{l_1}$; $W_Y = \frac{J_Y}{l_2}$; $W_S = \frac{J_S}{p}$; $W_Z = \frac{J_Z}{q}$	$i_X = \sqrt{\frac{J_X}{F}}$; $i_Y = \sqrt{\frac{J_Y}{F}}$; $i_S = \sqrt{\frac{J_S}{F}}$; $i_Z = \sqrt{\frac{J_Z}{F}}$; $F = d(b+H)$
	$J_X = J_Y = \frac{1}{3}\left[dl_1^3 + H\left(H - l_1^3\right) - (H-d)(H-l_1-d)^3\right]$	$W_X = W_Y = \frac{J_X}{l_1}$	$i_X = i_Y = \sqrt{\frac{J_X}{F}}$; $F = d(2H-d)$

Продолжение табл. 44

Форма сечения	Моменты инерции в $см^4$	Моменты сопротивления в $см^3$	Минимальный радиус инерции поперечного сечения $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ в $см$
	$J_X = \frac{1}{12}(Bd^3 + sh^3) + Bd\left(l - \frac{d}{2}\right)^2 + sh\left(l_1 - \frac{1}{2}h\right)^2$; $J_Y = \frac{1}{12}(dB^3 + hs^3)$	$W_{X_1} = \frac{J_X}{l}$; $W_{X_2} = \frac{J_X}{l_1}$; $W_Y = \frac{dB^3 + hs^3}{6B}$	$i_X = \sqrt{\frac{J_X}{F}}$; $i_Y = \sqrt{\frac{dB^3 + hs^3}{12(Bd + hs)}}$; $F = Bd + hs$
	$J_X = \frac{1}{12}[dh^3 + s^3(b - d)]$; $J_Y = \frac{1}{12}[sb^3 + d^3(h - s)]$	$W_X = \frac{1}{6h}[dh^3 + s^3(b - d)]$; $W_Y = \frac{1}{6b}[sb^3 + d^3(h - s)]$	$i_X = \sqrt{\frac{J_X}{F}}$; $i_Y = \sqrt{\frac{J_Y}{F}}$; $F = dh + s(b - d)$
	$J_X = \frac{1}{12}(BH^3 - bh^3)$; $J_Y = \frac{1}{12}(dB^3 + hs^3)$	$W_X = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$; $W_Y = \frac{dB^3 + hs^3}{6B}$	$i_X = \sqrt{\frac{BH^3 - bh^3}{12(BH - bh)}}$; $i_Y = \sqrt{\frac{dB^3 + hs^3}{12(BH - bh)}}$

Продолжение табл. 44

Форма сечения	Моменты инерции в $см^4$	Моменты сопротивления в $см^3$	Минимальный радиус инерции поперечного сечения $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ в $см$
	$J_X = \frac{1}{12}(BH^3 - bh^3)$; $J_Y = \frac{1}{12}(Hs^3 + db^3) + Hs\left(l_1 - \frac{1}{2}s\right)^2 + db\left(l_2 - \frac{1}{2}b\right)^2 = \frac{1}{3}\left[Hl_1^3 - h\left(l_1 - s\right)^3 + dl_2^3\right]$	$W_X = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$; $W_{Y_1} = \frac{J_Y}{l_1}$; $W_{Y_2} = \frac{J_Y}{l_2}$	$i_X = \sqrt{\frac{BH^3 - bh^3}{12(BH - bh)}}$; $i_Y = \sqrt{\frac{J_Y}{F}}$; $F = BH - bh$
	$J_X = \frac{1}{12}[BH^3 - b(H - 2d)^3]$ $J_Y = \frac{1}{12}[H(B + b)^3 - 2b^3h - 6bB^2h]$	$W_X = \frac{BH^3 - b(H - 2d)^3}{bH}$; $W_Y = \frac{H(B + b)^3 - 2b^3h - 6bB^2h}{6(2B - d)}$	$i_X = \sqrt{\frac{J_X}{F}}$; $i_Y = \sqrt{\frac{J_Y}{F}}$; $F = d(H + 2b)$

45. Основные формулы электротехники

Определяемая величина	Формула и обозначения
Неразветвленная цепь	
Ток на любом участке цепи: постоянный переменный	$I = \frac{U}{R}$; $I = \frac{U}{Z}$; U — напряжение в *в*; I — сила тока в *а*; R — омическое сопротивление в *ом*; Z — полное сопротивление цепи переменного тока в *ом*
Омические сопротивления проводника	$R = \rho \frac{l}{S}$; l — длина проводника в *м*; S — площадь поперечного сечения проводника в *мм²*; ρ — удельное сопротивление в $ом \cdot мм^2 \cdot м^{-1}$
Зависимость омического сопротивления от температуры	$R_t = R_{20} [1 + \alpha (t - 20°)]$; R_{20} — сопротивление при 20° C; R_t — сопротивление при $t°$; α — температурный коэффициент сопротивления
Реактивное индуктивное сопротивление X_L	$X_L = \omega L = 2\pi f L$; L — индуктивность в *гн*; $\omega = 2\pi f$ — круговая частота (f — частота тока в *гц*)
Реактивное емкостное сопротивление X_C	$X_C = \frac{1}{\omega C}$; C — емкость в *ф*; ω — круговая частота
Полное сопротивление Z	$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$; R — омическое сопротивление в *ом*
Полное сопротивление r последовательно соединенных участков цепи	$r = r_1 + r_2 + \cdots + r_n$; $r_1, r_2, \ldots, r_n$ — сопротивления участков цепи
Полная емкость C последовательно соединенных конденсаторов	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$; $C_1, C_2, \ldots, C_n$ — емкости конденсаторов

Продолжение табл. 45

Определяемая величина	Формула и обозначения
Разветвленная цепь	
Токи в точке разветвления цепи	$I_{пр_1} + I_{пр_2} + \cdots + I_{пр_n} = I_{от_1} + I_{от_2} + \cdots + I_{от_n}$; Сумма токов, притекающих к точке разветвления $(I_{пр_1};\ I_{пр_2};\ \ldots I_{пр_n})$, равна сумме токов, оттекающих от нее $(I_{от_1};\ I_{от_2};\ \ldots;\ I_{от_n})$
Токи в разветвленных участках цепи (постоянный ток)	$I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{r_1} : \frac{1}{r_2} : \frac{1}{r_3}$; I_1; I_2; I_3 — токи в разветвленных участках; r_1; r_2; r_3 — сопротивления этих участков
Общий ток разветвленного участка (переменный ток)	$I = \sqrt{(I_{a_1} + I_{a_2} + \cdots + I_{a_k})^2 + (I_{p_1} + I_{p_2} + \cdots + I_{p_k})^2}$; $I_{a_k} = I_k \cos \varphi_k$ — активная составляющая тока в ветви k; $I_{p_k} = I_k \cos \varphi_k$ — реактивная составляющая тока в ветви k; φ — угол сдвига фаз между током и напряжением в ветви
Полное сопротивление r параллельно соединенных участков цепи	$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \cdots + \frac{1}{r_n}$; r_1; r_2; r_n — сопротивления участков цепи
Полная емкость C параллельно соединенных конденсаторов	$C = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_n$; C_1; C_2; ...; C_n — емкости конденсаторов
Трехфазный ток	
Токи и напряжения при симметричной и равномерной нагрузке	соединение звездой $U_{фаз} = \frac{U_{лин}}{\sqrt{3}}$; $I_{фаз} = I_{лин}$; соединение треугольником $U_{фаз} = U_{лин}$; $I_{фаз} = \frac{I_{лин}}{\sqrt{3}}$; $U_{фаз}$ — фазные напряжения; $U_{лин}$ — линейные напряжения; $I_{лин}$ — линейные токи; $I_{фаз}$ — фазные токи

Продолжение табл. 45

Определяемая величина	Формула и обозначения
Мощность электрического тока	
Мощность цепи постоянного тока	$P = UI = J^2R$ P — мощность в *вт*; U — напряжение в *в*; I — сила тока в *а*; R — сопротивление в *ом*
Мощность однофазного переменного тока	$P = UI\cos\varphi = I^2R$; $Q = UI\sin\varphi$; $S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$; P — активная мощность в *вт*; Q — реактивная мощность в *вар*; S — кажущаяся (полная) мощность в *ва*
Мощность трехфазного тока: для равномерной и симметричной нагрузки	$P = \sqrt{3}\,UI\cos\varphi$; $Q = \sqrt{3}\,UI\sin\varphi$; $S = \sqrt{3}\,UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$; P — активная мощность в *вт*; Q — реактивная мощность в *вар*; S — кажущаяся (полная) мощность в *ва*;
для неравномерной нагрузки	$P = \sum P_{фаз}$; $Q = \sum Q_{фаз}$
Тепловое действие тока	
Количество тепла, выделяемого током	$Q = 0{,}24I^2Rt = 0{,}24UIt$; Q — количество тепла в *кал*; I — ток в *а*; R — сопротивление в *ом*; U — напряжение в *в*; t — время в *сек*

СВЕДЕНИЯ ИЗ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЧЕРЧЕНИЯ

Формат и масштабы чертежей. Формат бумаги выбирают с учетом габаритных размеров каждой проекции и расстояний между проекциями, примерно равных 20—25 *мм*. Основные форматы чертежей по ГОСТу 2.301—68 приведены в табл. 46.

Масштабы чертежей (численные). Масштабом называется отношение линейных размеров, изображенных на чертеже, к его действительным размерам. Масштабы в зависимости от величины и сложности изображаемых изделий или их составных частей, а также в зависимости от вида чертежа выбирают в соответствии с ГОСТом 2.302—68 следующими:

46. Основные форматы чертежей

Обозначение формата	11	12	22	24	44
Размеры сторон листа (после обрезки в *мм*)	297×210	297×420	594×420	594×841	1189×841
Формат бумаги по ГОСТу 9327—60	А4	А3	А2	А1	А0

натуральная величина 1 : 1; для уменьшения 1 : 2; 1 : 2,5; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 15; 1 : 20; 1 : 25; 1 : 40; 1 : 50; для увеличения 2 : 1; 2,5 : 1; 4 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1.

Масштаб, указываемый в предназначенной для этого графе основной надписи, обозначается по типу 1 : 1; 1 : 2; 2 : 1 и т. д., а в остальных случаях — по типу М1 : 1; М1 : 2, М2 : 1 и т. д.

Буквенные обозначения. На чертежах и других технических документах рекомендуются следующие обозначения величин:

длина L, l;
ширина B, b;
толщина (листов, стенок, ребер и т. п.) s;
высота, глубина H, h;
диаметр D, d;
радиус R, r;
размер фаски c;
зев ключа (размер «под ключ») S;
межосевые и межцентровые расстояния A;
шаг зубчатых зацеплений, цепей и звездочек, резьбы и т. п. t;
модуль зубчатого колеса, червяка, рейки m;
число зубьев зубчатых колес, фрез и т. п., число заходов червяка, винта и т. п. z;
объем V;
площадь F;
периметр P, p;
углы α, β, γ, δ, φ и другие строчные буквы греческого алфавита.

При обозначении величин одной и той же буквой нужно применять цифровые или буквенные индексы, например d_1, d_2 и т. д.

Виды чертежей и типы линий. Виды чертежей. 1. В зависимости от целевого назначения чертежи подразделяются на следующие виды:

чертежи изделий основного производства, предназначаемые для изготовления деталей основного производства и их составных частей;

чертежи изделий вспомогательного производства, предназначаемые для изготовления изделий вспомогательного производства и их составных частей;

технологические чертежи, предназначаемые для отдельных технологических операций при изготовлении деталей и сборке изделий (операционные чертежи);

эксплуатационные чертежи, предназначаемые для использования только при эксплуатации и обслуживании изделий и их составных частей.

2. Чертежи изделий основного производства в зависимости от стадии проектирования подразделяются на проектные и рабочие.

3. Проектные чертежи подразделяются на два вида:

чертежи эскизного проекта (литер «Э»), дающие общее представление об устройстве и принципе работы проектируемого изделия (предназначены для разработки чертежей технологического проекта);

чертежи технического проекта (литер «Т»), определяющие основное конструктивное устройство изделий (предназначены для разработки рабочих чертежей).

4. Рабочие чертежи, предназначаемые для изготовления, ремонта и контроля изделий и их составных частей, подразделяются на три вида:

чертежи, предназначаемые для серийного или массового производства;

чертежи индивидуального производства;

ремонтные чертежи.

5. Чертежи, предназначаемые для серийного или массового производства, в зависимости от степени конструктивной и технологической обработки изделия и стадии освоения производства подразделяются на следующие виды:

чертежи опытных образцов, предназначаемые для изготовления опытных образцов;

чертежи опытных серий, отработанные по результатам изготовления и испытания опытных образцов и предназначаемые для изготовления опытных серий;

чертежи установочной серии (литер «А»), отработанные с учетом проекта технологии серийного или массового производства изделия, проверенные изготовлением установочной серии, по которой производят проверку всей технологической подготовки производства;

чертежи серийного или массового производства (литер «Б»), окончательно отработанные и проверенные в производстве изготовлением изделий по установочному технологическому процессу.

6. Чертежи индивидуального производства (литер «И»), предназначаемые для разового изготовления одного (или более) изделия.

7. Ремонтные чертежи (литер «Р») — чертежи деталей и других составных частей изделий, в которых выделены элементы, требующие исправления или замены, а также чертежи, предназначаемые для изготовления деталей и узлов с ремонтными размерами отдельных элементов.

8. В зависимости от способа исполнения все чертежи подразделяются на следующие виды:

эскизы — чертежи, выполненные от руки, без применения чертежных инструментов, без точного соблюдения масштаба, с изображением необходимых видов, разрезов, сечений, нанесением размеров, знаков чистоты поверхности (шероховатости) и других необходимых пояснений;

оригиналы — чертежи, выполненные в карандаше или тушью на любом материале (бумаге, картоне, фанере и т. п.), служащие для изготовления по ним подлинников;

подлинники — чертежи, выполненные на материале, позволяющем

снимать копии посредством светокопирования, фотографирования и т. п. (на кальке, фотопленке и др.) и заверенные подписями должностных лиц;

дубликаты — копии подлинников, выполненные на прозрачном материале (кальке, фотопленке и т. п.), обеспечивающие полное воспроизведение подлинников;

копии — чертежи, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником или дубликатом (светокопированием, фотографированием и т. п.)

9. Чертежи в зависимости от их содержания подразделяются на следующие виды:

чертежи деталей, содержащие изображения деталей и необходимые данные для их изготовления и контроля;

сборочные чертежи, содержащие изображения изделий, групп или узлов и необходимые данные для их изготовления (сборки), контроля;

чертежи общих (наружных) видов (литер «НВ»), содержащие виды изделий или составных частей и их основные характеристики;

габаритные чертежи (литер «Г»), содержащие контурное или упрощенное изображение изделий или составных частей изделий и габаритные размеры;

монтажные чертежи (литер «М»), содержащие контурное или упрощенное изображение изделий или составных частей изделий, а также необходимые данные для установки их на место монтажа.

Типы линий. Согласно ГОСТу 2.303—68 на чертежах применяют следующие восемь типов линий.

Сплошная основная толщиной от 0,6 до 1,5 *мм* (применяется как линия видимого контура).

Сплошная тонкая толщиной от 0,3 до 0,5 *мм* (применяется как контур наложенного сечения, размерные и выносные линии штриховки).

Сплошная волнистая толщиной 0,3 до 0,5 *мм* (применяется как линия обрыва).

Штриховая толщиной от 0,3 до 0,5 *мм* (применяется как линия невидимого контура и линия перехода невидимая).

Разомкнутая толщиной от 0,6—2,8 *мм* (применяется как линия сечения).

Штрих-пунктирная тонкая толщиной 0,3 до 0,5 *мм* применяется как линии: осевые, центровые, сечения; как оси симметрии для наложенных или вынесенных сечений.

Штрих-пунктирная утолщенная толщиной от 0,3 до 1,0 *мм* (применяется как линия для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью; как линия для изображения механизма или отдельных его частей в крайнем или промежуточном положении и как линия границ зон поверхности с различной термообработкой или отделкой).

Сплошная тонкая с изломами толщиной от 0,3 до 0,5 *мм* (применяется как длинная линия обрыва).

Расположение видов (проекций) на чертежах. Различают два способа расположения видов на чертежах (рис. 18):

европейский способ (ГОСТ 2.305—68), при котором названия видов на чертежах, кроме вида сзади, не подписываются (рис. 18, *а*);

американский способ, имеющий распространение в Англии, Канаде, США и некоторых странах американского континента (рис. 18, *б*).

Местным видом называется изображение отдельного, ограниченного места на поверхности предмета. Местный вид может быть ограничен волнистой линией обрыва.

Дополнительный вид применяют в тех случаях, когда какая-либо часть предмета не может быть показана ни на одном из основных видов без искажения ее формы и размеров. Дополнительный или местный вид должен быть отмечен на чертеже надписью типа «Вид А», а у изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением.

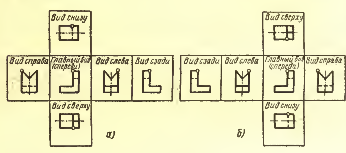


Рис. 18

Сечением называется плоская фигура, полученная в результате пересечения предмета плоскостью и расположенная в секущей плоскости.

Разрезом называется изображение предмета, лежащее в плоскости, рассекающей предмет на две части, и расположенное за этой плоскостью. Разрезы служат для выявления внутренних очертаний предметов. Всякий разрез содержит сечение, которое заштриховывается (табл. 47). Размеры в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекции бывают горизонтальными, вертикальными и наклонными.

Местным разрезом называется разрез, служащий для выявления устройства предмета лишь в отдельном, узкоограниченном месте. Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией.

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на простые — при одной секущей плоскости, сложные — при двух секущих плоскостях и более. Сложный разрез называется ступенчатым, если он получен при помощи параллельных плоскостей, и ломаным, если секущие плоскости пересекаются под углом.

Нанесение предельных отклонений размеров и шероховатости поверхностей.

Предельные отклонения линейных размеров, указываемые условными обозначениями полей допусков и посадок или числовыми величинами отклонений приведены в табл. 48, а шероховатости поверхностей — в табл. 49.

47. Штриховка в разрезах и сечениях (ГОСТ 2.306—68)

Материал	Обозначение	Материал	Обозначение
1. Металлы и твердые сплавы		9. Кладка из кирпича строительного и специального, клинкера, керамики, терракоты, искусственного и естественного камней любой формы и т. п.	
2. Неметаллические материалы, в том числе волокнистые монолитные и плитные (прессованные), за исключением указанных ниже		10. Стекло и другие прозрачные материалы	
3. Древесина: а) поперек волокон б) вдоль волокон		11. Жидкости	
4. Фанера		12. Грунт	
5. Ксилолит, плиты древесностружечные, древесноволокнистые, столярные и т. п.		13. Глина (в качестве конструктивного материала)	
6. Волокнистые немонолитные материалы (вата, стеклоаата, войлок, мипора и т. п.)		14. Песок, асбестоцемент, гипсовые изделия, лепнина, замазка, штукатурка, раствор, абразив и т. п.	
7. Бетон неармированный			
8. Бетон армированный		15. Сетки и засыпки из любого материала: а) сетки б) засыпки	

48. Обозначения допусков условными и числовыми величинами отклонений

Условные обозначения	Числовые величины отклонений
20*A*	$20^{+0,23}$
20*H*	$20^{+0,017}_{+0,002}$
$20C_3$	$20_{-0,045}$

49. Обозначения шероховатости поверхностей

Пример обозначения на чертеже детали	Требования к шероховатости поверхностей детали
∇5	Все поверхности детали имеют одинаковую шероховатость
∇5 (∇) ∇7 ∇8 ∇7	Обозначенные поверхности имеют класс чистоты, указанный цифрой; остальные поверхности имеют одинаковую шероховатость, указанную в правом верхнем углу чертежа
∇10 ∇6	Отдельные участки одной и той же поверхности детали имеют различную шероховатость

50. Предельные отклонения формы и расположения поверхностей (по ГОСТу 2.308—68)

Наименование отклонения		Знак
краткое	полное	
А. Обозначения предельных отклонений а) — 0,1 // 0,1 A б)		
Неплоскостность	Отклонение от плоскостности	▱
Непрямолинейность	Отклонение от прямолинейности	—
Нецилиндричность	Отклонение от цилиндричности	⌭
Некруглость	Отклонение от круглости	○
—	Отклонение профиля продольного сечения (относится к цилиндрической поверхности)	=
Непараллельность	Отклонение от параллельности	//
Неперпендикулярность	Отклонение от перпендикулярности	⊥
Несоосность	Отклонение от соосности	⌐
—	Торцовое биение	↗
—	Радиальное биение	
Непересечение осей	Отклонение от пересечения осей	✕
Несимметричность	Отклонение от симметричности	÷
—	Смещение осей от номинального расположения	⌖

Продолжение табл. 50

Примечания: 1. При условном обозначении данные о предельных отклонениях формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на две или три части (эскизы *а* и *б*) в которых помещают: в первой — знак отклонения по табл. 50; во второй — предельное отклонение в миллиметрах; в третьей — буквенное обозначение базы или другой поверхности, к которой относится отклонение расположения; если баз несколько, то вписывают все их обозначения.

2. Более подробные сведения по обозначениям см. в ГОСТе 2.308—68.

Б. Примеры указаний на чертежах предельных отклонений

Наименование отклонения	Текст в технических требованиях	Эскиз
Отклонение от плоскостности	Неплоскостность поверхн. А не более 0,06 *мм*	0,06; А; *Неплоскостность поверхности А не более 0,06 мм*
Отклонение от прямолинейности	Непрямолинейность поверхн. А не более 0,25 *мм* на всей длине и не более 0,1 *мм* на длине 300 *мм*	0,25; 0,1/300; А; *Непрямолинейность поверхн А не более 0,25мм на всей длине и не более 0,1мм на длине 300мм*
Отклонение от цилиндричности	Нецилиндричность поверхн. А не более 0,01 *мм*	0,01; А; *Нецилиндричность поверхности А не более 0,01мм*
Отклонение от круглости	Некруглость поверхн. А не более 0,03 *мм*	0,03; А; *Некруглость поверхн А не более 0,03мм*
Отклонение продольного сечения цилиндрической поверхности	Отклонение профиля продольного сечения поверхн. А не более 0,01 *мм*	0,01; А; *Отклонение профиля продольного сечения поверхности А не более 0,01мм*

Продолжение табл. 50

Наименование отклонения	Текст в технических требованиях	Эскиз
Отклонение от параллельности	Непараллельность поверхн. А и Б не более 0,1 *мм*	Непараллельность поверхностей А и Б не более 0,1мм
Отклонение от перпендикулярности	Неперпендикулярность поверхн. Б относительно основания не более 0,1 *мм*	Неперпендикулярность поверхн. Б относительно основания не более 0,1мм
Отклонение от соосности	Несоосность отв. Б относительно отв. А не более 0,08 *мм*	Несоосность отв Б относительно отв А не более 0,08 мм
Отклонение от симметричности	Несимметричность паза относительно поверхн. А не более 0,05 *мм*	Несимметричность паза относительно поверхн А не более 0,05мм
Отклонение от пересечения осей	Непересечение осей отв. не более 0,06 *мм*	Непересечение осей отв не более 0,06мм
Биение	Радиальное биение поверхн. Б и В относительно оси отв. не более 0,01 *мм*	Радиальное биение поверхностей Б и В относительно оси отв не более 0,01мм
Смещение осей от номинального расположения	Смещение осей отв. от номинального расположения не более 0,1 *мм* (допуск зависимый)	8 отв ⌀10A_5; Смещение осей отв от номинального расположения не более 0,1мм (допуск зависимый)

51. Условные обозначения для кинематических схем (ГОСТ 2770—68)

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Вал, валик, ось, стержень, шатун и т. п.		Соединение стержня с неподвижной опорой:	
Неподвижное закрепление оси, стержня, пальца и т. п.		*а* — шарнирное с движением в плоскости чертежа	
Неподвижная опора для стержня, движущегося возвратно-поступательно:		*б* — шаровым шарниром	
а — скольжения		Подшипники скольжения и качения на валу (без уточнения типа):	
б — качения		*а* — радиальный	
Опора для стержня		*б* — радиально-упорные:	
а — неподвижная		односторонний	
б — подвижная		двусторонний	
Соединение стержней:		*в* — упорные:	
а — жесткое		односторонние	
б — шарнирное		двусторонние	
в — шаровым шарниром		Подшипники скольжения:	
г — жесткое с шарнирным присоединением третьего стержня		*а* — радиальный	
д — жесткое с шаровым шарнирным присоединением третьего стержня		*б* — радиальный самоустанавливающийся	
		в — радиально-упорные:	
		односторонний	
		двусторонний	
		г — упорные:	
		односторонние	
		двусторонние	

Продолжение табл. 51

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Подшипники качения:		Соединение детали с валом:	
а — радиальный (общее обозначение)		*а* — свободное при вращении	
б — радиальный роликовый		*б* — подвижное без вращения	
в — радиальный самоустанавливающийся		*в* — при помощи вытяжной шпонки	
г — радиальный роликовый самоустанавливающийся		*г* — глухое	
д — радиально-упорные (общее обозначение):		Соединение двух валов:	
односторонние		*а* — глухое	
двусторонние		*б* — глухое с предохранением от перегрузки	
е — радиально-упорные роликовые:		*в* — эластичное	
односторонний		*г* — шарнирное	
двусторонний		*д* — телескопическое	
ж — упорные шариковые:		*е* — плавающей муфтой	
одинарные		*ж* — зубчатой муфтой	
двойной		*з* — предохранительной муфтой	
з — упорные роликовые односторонние			

Продолжение табл. 51

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Муфты сцепления кулачковые:		*к* — конусные двусторонние	
а — односторонние		*л* — дисковые односторонние	
б — двусторонние		*м* — дисковые двусторонние	
Муфты сцепления фрикционные:		*н* — с колодками	
а — общего назначения (без уточнения типа)		*о* — с разжимным кольцом	
б — то же, при необходимости указания крепления на валу			
в — односторонние (общее обозначение)			
г — односторонние электромагнитные (общее обозначение)		Муфты самовключающиеся:	
д — односторонние гидравлические или пневматические (общее обозначение)		*а* — обгона односторонние	
е — двусторонние (общее обозначение)		*б* — обгона двусторонние	
ж — двусторонние электромагнитные (общее обозначение)		*в* — центробежные	
з — двусторонние гидравлические или пневматические (общее обозначение)			
и — конусные односторонние			

Продолжение табл. 51

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Тормоза:		Кулачки барабанные:	
а — конусные		*а* — цилиндрические	
б — колодочные		*б* — конические	
в — ленточные		*в* — криволинейные	
г — дисковые		Толкатели для кулачковых механизмов: пальцевые тарельчатые роликовые	
д — дисковые электромагнитные		Ползун в неподвижных направляющих	
е — дисковые гидравлические или пневматические			
ж — винтовые грузоупорные		Цилиндры с поршнем:	
Кулачки плоские:		*а* — неподвижные с шатуном	
		б — неподвижные со штоком	
а — продольного перемещения		*в* — качающиеся	
б — дисковые			

Продолжение табл. 51

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Соединения кривошипа с шатуном:			
а — с постоянным радиусом		*в* — с качающейся кулисой	
б — с переменным радиусом		*г* — то же, с переменным радиусом	
Соединение коленчатого вала с шатуном *а* — с одним коленом			
б — с несколькими коленами			
в — с коленом с жестким противовесом		Храповые зубчатые механизмы:	
г — с коленом с маятниковым противовесом		*а* — с наружным зацеплением односторонние	
Кривошипно-кулисные механизмы:			
а — с поступательно-движущейся кулисой		*б* — с наружным зацеплением двусторонние	
б — с вращающейся кулисой		*в* — с внутренним зацеплением односторонние	

Продолжение табл. 51

Наименование	Обозначение
Мальтийские механизмы с радиальным расположением пазов у мальтийского креста:	
а — с наружным зацеплением	
б — с внутренним зацеплением	
Передачи фрикционные:	
а — с цилиндрическими роликами	
б — с коническими роликами	
в — с коническими роликами регулируемые	
г — с криволинейными образующими рабочих тел и наклоняющимися роликами регулируемые	
д — торцовые (лобовые) регулируемые	
е — со сферическими и коническими (цилиндрическими) роликами регулируемые	
ж — с цилиндрическими роликами, преобразующие вращательное движение в поступательное	
з — с гиперболоидными роликами, преобразующие вращательное движение в винтовое	
Маховик на валу	
Шкив ступенчатый, закрепленный на валу	

Продолжение табл. 51

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Передачи плоским ремнем:		Передача клиновидным ремнем	
а — открытые		Передача круглым ремнем и шнуром	
б — открытые с натяжным роликом		Передача зубчатым ремнем	
в — перекрестные			
г — полуперекрестные		Передача цепью (общее обозначение без уточнения типа цепи)	
д — угловые		Передачи зубчатые (цилиндрические): *а* — внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа зубьев)	
Отводка ремня		*б* — то же, с прямыми, косыми и шевронными зубьями	
		в — внутреннее зацепление	

Продолжение табл. 51

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Передачи зубчатые с пересекающимися валами (конические):		Передачи зубчатые реечные:	
а — общее обозначение без уточнения типа зубьев		*а* — общее обозначение без уточнения типа зубьев	
б — с прямыми, спиральными и круговыми зубьями		*б* — с прямыми, косыми и шевронными зубьями	
Передачи зубчатые со скрещивающимися валами:		*в* — с червячной рейкой и червяком	
а — гипоидные		*г* — с зубчатой рейкой и червяком	
б — червячные с цилиндрическим червяком		Винт, передающий движение	
в — червячные глобоидные		Гайка на винте, передающем движение: *а* — неразъемная; *б* — неразъемная с шариками	
г — винтовые		*в* — разъемная	

Продолжение табл. 51

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Пружины:			
а — цилиндрические сжатия		Рукоятка	
б — цилиндрические растяжения			
в — конические сжатия		Маховичок	
г — цилиндрические, работающие на кручение			
		Передвижные упоры	
д — спиральные		Валы трансмиссионные:	
е — листовые:		*а* — на подвеске	
одинарная		*б* — на кронштейне	
рессора		*в* — на козлах	
ж — тарельчатые			
Рычаг переключения		Гибкий вал для передачи крутящего момента	
Конец вала под съемную рукоятку			
		Блок канатной передачи	
Эксцентрик			

52. Условные обозначения некоторых элементов машин и механизмов в схемах, вычерчиваемых в аксонометрических проекциях (ГОСТ 2770—68)

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Вал, валик ось, стержень		Передача червячная	
Знак, характеризующий неподвижность кинематического элемента		Передача винтовыми зубчатыми колесами	
Соединение карданное: а — нерегулируемое	а)	Передача зубчатая реечная	
б — регулируемое	б)	Колесо зубчатое с выборкой мертвого хода	
Подшипник вала или направляющие для прямолинейного движения		Передача некруглыми колесами	
Соединение двух валов телескопическое		Маховичок	
Передача цилиндрическими зубчатыми или фрикционными колесами внешнего и внутреннего зацепления		Муфта предохранительная	
		Тормоз	

Продолжение табл. 52

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Эксцентрики: а — со щупом поступательного движения; б — со щупом качающимся	а) б)	Муфта необратимой передачи	
Передача коническими зубчатыми или фрикционными колесами		Шкала: а — подвижная с неподвижным указателем; б — неподвижная с подвижным указателем	а) б)
Маховичок с фиксацией установленного положения на корпус		Устройство шкальное: а — шкала двухотсчетная; б — шкала трехотсчетная	а) б)
Рукоятка		Кнопка	
Концы вала под съемную рукоятку: а — цилиндрические со штифтом; б — квадратные	а) б)	Счетчик механический	
Конец вала под съемную рукоятку с фиксацией установленного положения на корпус		Фиксатор	
Поводок			
Муфта-поводок			

53. Условные обозначения на электротехнических схемах

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Постоянный (*а*) и переменный (*б*) ток	*а*) $=$ *б*) ~	в треугольник	
Переменный ток с числом фаз *m* и частотой *f гц*	*m* ~ *f*	трех фаз в разомкнутый треугольник	
Переменный ток трехфазный 20—60 *гц*	3 ~ 20÷60	в зигзаг	
Полярность положительная и отрицательная полярность	+ −	Шестифазная обмотка с соединением: в многоугольник	
Однофазная обмотка с двумя выводами		в два треугольника	
Соединение обмоток двух фаз в открытый треугольник		в двойной зигзаг	
Трн однофазные обмотки, каждая с двумя выводами			Однолинейное Многолинейное
Трехфазная обмотка с соединением: в звезду		Линия электрической связи	
		Линии электрической связи экранированная	
в двойную звезду		Цепь из двух линий электрической связи	
		ЛЭС трехфазной четырехпроводной системы	

Продолжение табл. 53

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
	Однолинейное Многолинейное		
ЛЭС пересекающиеся, без электрического (металлического) соединения		Трансформаторы однофазные: без сердечника с постоянной (*а*) и переменной (*б*) связью	*а*) *б*)
ЛЭС пересекающиеся, электрически (металлически) соединенные, в провода ответвляющиеся		с сердечником	
Соединение проводов: а) с землей (заземление) б) с корпусом	*а*) *б*)	Трансформатор трехфазный с сердечником	
Электродвигатель асинхронный однофазный с короткозамкнутым ротором		Трансформатор тока с одной (*а*) и с двумя (б) вторичными обмотками	*а*) *б*)
Синхронная машина однофазная с возбуждением от постоянных магнитов		Прибор измерительный показывающий (*а*) и измерительный регистрирующий (записывающий) (б)	а) б)
Машины постоянного тока с последовательным (*а*) и параллельным (б) возбуждением	*а*) *б*)	Термопара	

Продолжение табл. 53

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Амперметр, вольтметр и ваттметр показывающие	A V W	Разъединитель — выключатель нагрузки высоковольтный трехполюсный	
Фазометр, частотометр и омметр показывающие	φ Hz Ω	Выключатель высокого напряжения трехполюсный	
Резисторы:			
нерегулируемый			
регулируемый		Штепсельное соединение	
Катушки индуктивности: без сердечника	а)	Предохранитель плавкий	
с сердечником (дроссель)	б)		
Конденсаторы или сопротивления емкостные:		Электромагниты:	
нерегулируемый		а) однообмоточный	а)
регулируемый		б) двухобмоточный	б)
Кнопки с самовозвратом с контактами:		Лампа накаливания осветительная и сигнальная	
а) нормально открытым (НО)	а)		
б) нормально закрытым (НЗ)	б)		

54. Условные обозначения элементов гидравлических и пневматических сетей
(по ГОСТу 2.780—68, 2.781—68, 2.782—68) [*1]

Элементы	Обозначения	Элементы	Обозначения
Бак: а — под атмосферным давлением б — с внутренним давлением выше атмосферного в — с внутренним давлением ниже атмосферного (вакуумом)		Осушитель воздуха (газа) химическим способом	
		Сепаратор (водоотделитель)	
		Конденсатоотводчик (конденсационный горшок)	
Аккумулятор гидравлический или пневматический: а — пневматический (ресивер, баллон, воздухосборник) б — гидравлический (без указания принципа действия) в — грузовой гидравлический г — пружинный гидравлический д — пневмогидравлический	а) б) в) г) д)	Увлажнитель	
		Маслораспылитель	
		Регенератор (восстановитель первоначальных свойств рабочей среды)	
		Газификатор (для преобразования жидкости в газ)	
		Охладитель жидкости или воздуха	
Фильтр для жидкости или воздуха		Нагреватель жидкости или воздуха	
Влаго- или маслоотделитель: а — с ручным спуском конденсата б — с автоматическим спуском конденсата		Охладитель и нагреватель (снаружи ромба изображается трубопровод охлаждающей или подогревающей среды)	
Фильтр-влагоотделитель: а — с ручным спуском конденсата б — с автоматическим спуском конденсата		Охладитель с испарением	

[*1] Условные обозначения насосов, компрессоров, гидро- и пневмомоторов см. ГОСТ 2.782—68.

Продолжение табл. 54

Элементы	Обозначения	Элементы	Обозначения
Охладитель с впрыском		Перекрещивание линий связи (несоединенные линии)	
Глушитель		Подвод жидкости под давлением (без указания источника питания)	
Гаситель гидравлического удара			
		Слив жидкости из системы	
Мембрана прорыва		Подвод воздуха (газа) под давлением (без указания источника питания)	
Форсунка		Выпуск воздуха (газа) в атмосферу	
Заборник воздуха из атмосферы		Дроссель (местное сопротивление в линии): *а* — расход зависит от вязкости рабочей среды *б* — расход не зависит от вязкости рабочей среды	
Заборник воздуха от двигателя			
Заливная горловина, воронка, заправочный штуцер и т. п.			
Присоединительное устройство к другим системам (к испытательным, промывочным машинам, кондиционерам и т. п.)		Распределитель 4/2 с управлением: *а* — от кулачка с пружинным возвратом *б* — от рукоятки с фиксатором *в* — от двух электромагнитов *г* — от электромагнита с пружинным возвратом *д* — от электромагнита с пружинным возвратом (показано промежуточное положение)	
Линии связи (трубопроводы): *а* — всасывания, напора, слива *б* — управления *в* — дренажные (отвод утечек)			
Соединение линий связи			

Продолжение табл. 54

Элементы	Обозначения	Элементы	Обозначения
Распределитель 4/3 с соединением нагнетательной линии и обоих отводов на бак при среднем положении золотника с управлением:		Клапан предохранительный (клапан, ограничивающий максимальное давление p_1):	
а — от рукоятки с фиксатором		*а* — с собственным управлением (прямого действия)	p_1
б — от двух электромагнитов		*б* — с собственным управлением (непрямого действия, развернутое обозначение)	p_1
в — электрогидравлическим от одного вспомогательного распределителя, от независимого потока, без регулирования времени срабатывания		*в* — с дополнительным подводом давления от отдельной магистрали	p_1
г — электрогидравлическим от двух вспомогательных распределителей, от основного потока, без регулирования времени срабатывания		Клапан пропорциональный (клапан, поддерживающий постоянное отношение давлений $\frac{p_1}{p_2}$)	p_1, p_2
д — электрогидравлическим (упрощенное обозначение)		Клапан дифференциальный или напорный золотник (аппарат, поддерживающий постоянный перепад давлений p_1-p_2)	p_1, p_2
Регулирующий орган: *а* — нормально закрытый; *б* — нормально открытый		Клапан редукционный гидравлический (клапан, поддерживающий постоянное давление на выходе $p_2 \approx$ const независимо от давления на входе p_1 при условии, что $p_2 < p_1$):	
		а — давление на выходе p_2 зависит от усилия пружины	p_1, p_2
		б — давление на выходе p_2 зависит от давления управления p	p_1, p_2, p_3

Продолжение табл. 54

Элементы	Обозначения	Элементы	Обозначения
Делители потока, *а* — гидравлический на два потока *б* — пневматический на два потока		Цилиндр одностороннего действия: *а* — без указания способа возврата штока *б* — с возвратом штока пружиной	
Сумматоры потока, *а* — гидравлический двух потоков *б* — пневматический двух потоков		*в* — плунжерный *г* — телескопический	
Регуляторы потока: *а* — дроссель *б* — дроссель с регулятором давления *в* — дроссель с регулятором давления и предохранительным клапаном		Цилиндр двухстороннего действия: *а* — с односторонним штоком *б* — с двухсторонним штоком *в* — телескопический	
Клапан обратный		Цилиндр двухстороннего действия с подводом рабочей среды через шток: *а* — с односторонним штоком *б* — с двухсторонним штоком	
Клапан с логической функцией «ИЛИ»			
Клапан с логической функцией «И»		Камера мембранная: *а* — одностороннего действия *б* — двухстороннего действия	
Клапан быстрого выхлопа воздуха в атмосферу			
Клапан обратный управляемый (гидрозамок): *а* — односторонний *б* — двухсторонний		Преобразователь давления (мультипликатор или демультипликатор)	
Цилиндр. Общее обозначение		Пневмогидравлический преобразователь	

ГЛАВА 2

МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Условные обозначення основных элементов металлов н сплавов прнведены в табл. 1, марок материалов — в табл. 2, вндов термнческой обработки сталн — в табл. 3.

1. Условиые обозначення основных элементов металлов и сплавов

Названне элемента	Химический знак элемента	Принятое обозначение элементов в мариах металлов и сплавов		Название элемента	Химический знак элемента	Принятое обозначение элементов в марках металлов и сплавов	
		черных	цветных			черных	цветных
Азот	N	А	—	Неодим	Nd	—	Нм
Алюминий	Al	Ю	А	Ниикель	Ni	Н	Н
Барий	Ba	—	Бр	Ниобий	Nb	Б	Нп
Берниллий	Be	Л	—	Олово	Sn	—	О
Бор	B	Р	—	Осмий	Os	—	Ос
Ванадий	V	Ф	Вам	Палладий	Pd	—	Пд
Висмут	Bi	Ви	Ви	Платнна	Pt	—	Рл
Вольфрам	W	В	—	Празеодим	Pr	—	Пр
Гадолиний	Gd	—	Гм	Рений	Re	—	Ре
Геллий	Ga	Гл	Гл	Родий	Rh	—	Рд
Гафиий	Hf	—	Гф	Ртуть	Hg	—	Р
Германий	Ge	—	Г	Рутений	Ru	—	Ру
Гольмий	Ho	—	ГОМ	Самарий	Sm	—	Сам
Диспрозий	Dy	—	ДИМ	Свинец	Pb	—	С
Европий	Eu	—	Ев	Селен	Se	Е	СТ
Железо	Fe	—	Ж	Серебро	Ag	—	Ср
Золото	Au	—	Зл	Скандий	Sc	—	Сим
Индий	Jn	—	Ии	Сурьма	Sb	—	Су
Иридий	Jr	—	И	Таллий	Tl	—	Тл
Иттербий	Yb	—	Итм	Тантал	Ta	—	ТТ
Иттрий	Y	—	Им	Теллур	Te	—	Т
Кадмий	Gd	Кд	Кд	Тербий	Tb	—	Тем
Кобальт	Co	К	К	Титан	Ti	Т	ТПД
Кремний	Si	С	Кр (К)	Тулий	Tu	—	ТУМ
Лантан	La	—	Ла	Углерод	C	У	—
Литий	Li	—	Лэ	Фосфор	P	П	Ф
Лютеций	Lu	—	Люм	Хром	Cr	Х	Х (Хр)
Магний	Mg	Ш	Мг	Церий	Ce	—	Се
Марганец	Mn	Г	Мц(Мр)	Цинк	Zn	—	Ц
Медь	Cu	Д	М	Цирконий	Zr	Ц	ЦЭВ
Молибден	Mo	М	—	Эрбий	Er	—	Эрм

2. Условные обозначения марок материалов

Материал	Обозначение
Сталь: углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380—60*)	Буквами Ст. и цифрами 0, 1, 2, 3 и т. д. до 7. Увеличение номера указывает на повышение содержания углерода и временного сопротивления $\sigma_в$ (Ст.1, Ст.2). Если сталь выплавлена в бессемеровских печах, то слева от букв Ст. ставят букву Б, в конверторах — букву К, а в мартеновских печах — букву М (БСт.3, МСт.3). Если сталь кипящая, то после цифр ставят буквы кп, полуспокойная — пс (МСт. 1 кп). Для стали, поставляемой по химическому составу и механическим свойствам, слева от букв Ст. ставятся буквы В (ВСт. 4 кп, ВСт.3)
углеродистая качественная (ГОСТ 1050—60*)	Двумя цифрами 05, 08, 10, 15, 20 и т. д. до 85, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента (08, 15, 30, 45). Если сталь кипящая, после цифр ставят буквы кп, полуспокойная — пс (08 кп, 20 пс). Буква Г после цифр показывает наличие марганца (15Г, 40Г)
легированная конструкционная (ГОСТ 4543—61*); качественная рессорно-пружинная	Первое двузначное число показывает среднее содержание углерода в сотых долях процента, а буквы справа от этих чисел обозначают, что в составе стали находятся легирующие элементы (обозначения элементов см. выше) (40Х, 40ХН, 30ХГС). Цифра, стоящая после буквы, обозначающей легирующий элемент, показывает примерное содержание данного элемента в целых процентах (35Г2, 30Х2, ГН2). Если содержание легирующего элемента менее 1,5% — цифра отсутствует (50Х, 15ХР, 30ХГС). Буква А в конце обозначения марок указывает, что сталь высококачественная (15ХА, 20Х Н3А)
углеродистая инструментальная (ГОСТ 1435—54*)	Буквой У и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в десятых долях процента (У7, У8). Для высококачественной стали в конце ставят букву А (У8А)
легированная инструментальная (ГОСТ 5950—63)	Цифра слева от букв показывает среднее содержание углерода в десятых долях процента, если его в стали меньше 1% (9Х, 4ХС, 5ХГН), а если больше 1%, то цифра отсутствует (Ф, Х, ХВГ). Цифры после букв, обозначающих легирующий элемент, показывают примерное содержание данного элемента в целых процентах (Х12, Х12М, ХВ5, 8Х3)
шарикоподшипниковая (ГОСТ 801—60*)	Буквами ШХ и цифрами, показывающими содержание хрома в десятых долях процента. Буквы после цифр показывают наличие дополнительных легирующих элементов
автоматная (ГОСТ 1414—54)	Буквой А и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента (А 12)

Продолжение табл. 2

Материал	Обозначение
Чугун: серый (ГОСТ 1412—54)	Буквами СЧ, КЧ, ВЧ. Первое двузначное число обозначает предел прочности при растяжении в $кГ/мм^2$, второе:
ковкий (ГОСТ 1215—59)	а) для серого чугуна — предел прочности при изгибе в $кг/мм^2$ (СЧ 12-28); б) для ковкого чугуна — относительное удлинение в % (КЧ 30-6);
высокопрочный с шароавдным графитом (ГОСТ 7293—70)	в) для высокопрочного чугуна — относительное удлинение в % (ВЧ 50-2)
жаростойкий (ГОСТ 7769—63)	Первыми двумя буквами ЖЧ и последующими буквами, показывающими наличие легирующих элементов (ЖЧХ-0,8). Цифры означают последовательно среднее содержание легирующих элементов в процентах. Последняя буква Ш означает, что чугун с шаровидным графитом (ЖЧЮШ-22)
Алюминиевые сплавы: литейные	Буквами АЛ, после которых указывается номер сплава (АЛ 3)
деформируемые	Буквами Д, АК, АВ, ВД и В, после которых указывается номер сплава (Д16)
Магниевые сплавы: литейные	Буквами МЛ, после которых указывается номер сплава (МЛ5)
деформируемые	Буквами МА; за ними следует номер сплава (МА3)
Латуни	Первой буквой Л — латунь и другими буквами, показывающими содержание легирующих элементов. Первое число означает содержание меди в процентах, остальные числа — содержание других элементов в той последовательности, в которой стоят буквы (ЛМцС 58-2-2)
Бронзы	Первыми двумя буквами Бр — бронза и последующими, показывающими только добавочные элементы, а цифры их процентное содержание (Бр.ОЦЧ-4)
Медноникелевые конструкционные сплавы	Первыми двумя буквами МН и последующими, показывающими элементы сплава. Первое число означает содержание никеля и кобальта в процентах, остальные числа — содержание других элементов в той последовательности, в которой стоят буквы (МНЖМЦ 30-0,8-1)
Баббиты	Буквой Б и числом, показывающим содержание олова в процентах (Б89)
Инструментальные твердые сплавы (ГОСТ 3882—67)	Группа ВК — вольфрамокобальтовые; цифра после буквы К означает содержание кобальта в весовых процентах. Группа ТК — титановольфрамокобальтовые; цифра после Т означает весовое содержание карбида титанокобальта, а цифра после К — весовое содержание кобальта. Группа ТТК — титанотанталовольфрамокобальтовые; цифра после Т указывает суммарное содержание карбидов титанокобальта и танталокобальта, цифра после К — содержание кобальта. Буквы В и М, стоящие после обозначения сплава, указывают его структуру: В — крупнозернистый сплав; М — мелкозернистый

3. Условные обозначения видов термической обработки стали

Вид обработки	Обозначение	Вид обработки	Обозначение	Вид обработки	Обозначение
Отжиг	О	Закалка в масле на твердость *HRC* 46—50	М48	Цементация и закалка в воде на твердость *HRC* 46—50	Ц-В48
Нормализация	Н	Закалка изотермическая на твердость *HRC* 46—50	И30-48	Цементация и закалка с нагревом т. в. ч. на твердость *HRC* 46—50	Ц-ТВЧ-48
Улучшение	У	Закалка с нагревом т. в. ч. на твердость *HRC* 46—50	ТВЧ-48	Жидкостная цементация	ЦЖ
Закалка в воде на твердость *HRC* 30—40	В35	Цементация и закалка в масле на твердость *HRC* 46—50	Ц-М-48	Азотирование на твердость *HRC* 46—50	АТ-48

Маркировка сортовой стали и твердых сплавов. На каждой штанге стали весом более 20 *кг/м* должна быть поставлена марка стали. На штангах весом до 20 *кг/м* клейма ставятся на прикрепляемых к связкам стали бирках (пластинках). Применяется также маркировка окраской торцов или концов прутков, или целых пакетов (табл. 4).

4. Окраска сталей и твердых сплавов

Марка материала	Маркировка
Сталь обыкновенного качества по ГОСТу 380—60*	
Ст.0; МСт.0; БСт.0	Красный и зеленый
Ст.1; МСт.1кп	Белый и черный
Ст.2; МСт.2кп	Желтый
Ст.3; МСт.3кп; МСт.3; БСт.3кп; БСт.3	Красный
Ст.4; МСт.4кп; МСт.4; БСт.4кп; БСт.4	Черный
Ст.5; МСт.5; БСт.7	Зеленый
Ст.7; МСт.7	Красный и коричневый
Для подгруппы В дополнительно	Алюминиевый
Сталь углеродистая качественная по ГОСТу 1050—60*	
От 08 до 20	Белый
25 » 40	Белый и желтый
45 » 85	Белый и коричневый
15Г » 40Г	Коричневый
45Г » 70Г	Коричневый и зеленый

Продолжение табл. 4

Марка металла	Маркировка
Сталь легированная конструкционная по ГОСТу 4543—61*	
Хромистая (15Х—50Х; 15ХР—40ХР; 45ХЦ)	Зеленый и желтый
Хромомолибденовая (15ХМ—35ХМ)	Зеленый и фиолетовый
Хромованадиевая (15ХФ—40ХФА)	Зеленый и черный
Марганцовистая (10Г2—50Г2)	Коричневый и синий
Хромомарганцовая (18ХГ—40ХГ; 35ХГ2; 18ХГТ; 30ХГТ; 20ХГР; 40ХГР)	Синий и черный
Хромокремнистая (33ХС—40ХС)	Синий и красный
Кремнемарганцовая (27СГ; 35СГ; 36Г2С)	Красный и черный
Хромокремнемарганцовая (20ХГСА—35ХГСА, 30ХГСМА)	Красный и фиолетовый
Никелемолибденовая (15НМ; 20НМ)	Желтый и фиолетовый
Хромоникелевая (20ХН—50ХН; 13Н2ХА—30ХН3А, 20ХНР)	Желтый и черный
Хромоникелевольфрамовая (30ХНВА—25Х2Н4ВА)	Желтый и красный
Хромоникелемолибденовая(40ХНМА)	Фиолетовый и черный
Хромоалюминиевая (30ХЮ; 38ХМЮА; 38ХВФЮ	Алюминиевый
Сталь нержавеющая и кислотостойкая по ГОСТу 5949—61*	
Хромистая	Алюминиевый и черный
Хромоникелевая	Алюминиевый и красный
Хромотитановая	Алюминиевый и желтый
Хромоникелекремнистая	Алюминиевый и зеленый
Хромоникелетитановая	Алюминиевый и синий
Хромоникелениобиевая	Алюминиевый и белый
Хромомарганценикелевая	Алюминиевый и коричневый
Хромоникелемолибденотитановая	Алюминиевый и фиолетовый
Сталь быстрорежущая по ГОСТу 9373—60*	
Р18	Бронзовый и красный
Р18М	Бронзовый и зеленый
Р9	Бронзовый
Р9М	Бронзовый и белый
Твердые металлокерамические сплавы	
ВК2	Черный с белой полосой
ВК3М	Черный с оранжевой полосой
ВК4	Оранжевый
ВК6	Синий
ВК6М	Синий с белой полосой
ВК6В	Фиолетовый
ВК8	Красный
ВК8В	Красный с синей полосой
ВК10	Красный с белой полосой
ВК15	Белый
Т15К6	Зеленый
Т30К4	Голубой

Определение марки стали по искре пояснено в табл. 5, а **цвета каления и цвета побежалости стали** указаны соответственно в табл. 6, 7 и 8.

5. Определение марки стали по искре

Материал	Цвет и характеристика пучка искр
Сталь малоуглеродистая нелегированная (до 0,15% C)	Короткий темно-желтый пучок искр, принимающих форму полосок и становящихся более светлыми в зоне сгорания; мало звездообразных разветвлений
Сталь среднеуглеродистая нелегированная (0,15—1,0% C)	При повышении содержания углерода образуется более плотный и более светлый желтый пучок искр с многочисленными звездочками и ответвлениями лучей
Сталь высокоуглеродистая нелегированная (св. 1,0%)	Очень плотный желтый пучок искр с многочисленными звездочками. При увеличении содержания углерода уменьшается яркость и укорачивается пучок искр
Сталь нелегированная с повышенным содержанием марганца	Широкий плотный ярко-желтый пучок искр; внешняя зона линий искр особенно яркая. Многочисленные разветвления лучей
Сталь марганцовистая (12% Mn)	Преобладание зонтообразных искр
Сталь конструкционная (до 5% Ni)	Яркие желтые линии искр в виде язычков, расщепленные на конце; увеличение яркости в зоне сгорания. При повышении содержания углерода на концах искр появляются звездочки
Сталь никелевая высоколегированная	При содержании 35% Ni красно-желтое окрашивание пучка. При более высоком содержании никеля (около 47%) яркость искр значительно ослабевает
Сталь хромистая с низким содержанием углерода и высоким содержанием хрома	Короткий темно-красный пучок искр без звездочек, слаборазветвленный; искры прилипают к поверхности шлифовального круга
Сталь хромоникелевая	Желто-красные искры с более яркими полосами в зоне сгорания. При повышенном содержании хрома и никеля пучок искр более темный
Сталь вольфрамовая	Красные короткие искры; линии искр отчетливо изгибаются к низу. Разветвления звездочек углерода отсутствует. Чем выше содержание вольфрама, тем слабее образование искр
Сталь молибденовая	Ярко-желтые искры в виде язычков. При низком содержании кремния язычки видны перед звездочками углерода; при повышенном содержании — за звездочками углерода

6. Цвета каления ствли

Температура в °С	Цвета каления	Температура в °С	Цвета каления
550—580	Темно-коричневый	830—900	Светло-красный
580—650	Коричнево-красный	900—1050	Оранжевый
650—730	Темно-красный	1050—1150	Темно-желтый
730—770	Темно-вишнево-красный	1150—1250	Светло-желтый
770—800	Вишнево-красный	1250—1300	Ярко-желтый
800—830	Светло-вишнево-красный		

7. Цветв побежалости углеродистой ствли

Температура в °С	Цвета побежвлости	Температура в °С	Цвета побежалости
220	Светло-желтый	285	Фиолетовый
240	Темно-желтый	295	Васильково-синий
255	Коричнево-желтый	314	Светло-сннний
265	Коричнево-красный	330	Серый
275	Пурпурно-крвсный		

8. Цвета побежалости нержавеющей стали и жаропрочных сплавов некоторых марок

Темпервтура в °С	Цвета побежалостн по маркам сплавов			
	1Х18Н9Т	ХН38ВТ (ЭИ703)	ХН75МБТЮ (ЭИ602)	ХН77ТЮР (ЭИ437Б)
300	Светло-соломенный	—	—	—
400	Соломенный	Соломенный	Светло-желтый	—
500	Красновато-коричневый	Фиолетовый	Желтый	Светло-соломенный
600	Фиолетово-синий	Коричнево-синий	Коричневый	Фиолетовый
700	Синий	Синий	Синий	Синий
800	—	Голубой	Голубой	Голубой

Механические, физические и технологические свойства материалов. Качество материалов оценивается механическими, физическими и технологическими свойствами. Первые два оценивают техническую пригодность материала, а третьи — условия его обработки.

К основным механическим свойствам металлов и сплавов относятся:

Предел текучести σ_T — растягивающее напряжение, при котором деформация начинает расти без увеличения нагрузки; выражается в *кГ/мм²*.

Предел прочности при растяжении (*временное сопротивление разрыву*) $\sigma_в$ — условное напряжение, получаемое делением максимальной нагрузки P_{max} на площадь поперечного сечения F:

$$\sigma_в = \frac{P_{max}}{F}.$$

Предел прочности при сжатии σ_c.

Относительное удлинение δ — частное от деления остаточного удлинения (разности между длиной сложенных частей разорванного образца l_1 и первоначальной длиной его l_0) на первоначальную длину рабочей части [*1]

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} 100\%.$$

При длине рабочей части $l_0 = 5\sqrt{\frac{4F}{\pi}}$ (где F — площадь поперечного сечения) относительное удлинение обозначается δ_5 и будет больше, чем δ_{10}, полученное у образцов с длиной рабочей части $l_0 = 10\sqrt{\frac{4F}{\pi}}$.

Относительное сужение ψ — частное от деления разности площадей поперечного сечения начального и минимального в месте разрыва на первоначальную площадь этого сечения:

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} 100\%.$$

Ударная вязкость $a_н$ определяется при изломе образца $10\times10\times55$ *мм* с закругленным надрезом глубиной 2 *мм* посередине ударом на маятниковом копре и выражается отношением работы излома A к площади поперечного сечения в месте надреза F (нож маятника ударяет по обратной стороне в месте надреза):

$$a_н = \frac{A}{F} = 1{,}25A \ кГ \cdot м/см^2.$$

Предел прочности хрупких материалов при статическом изгибе $\sigma_и$ — максимальное напряжение при изломе образца с прямоугольным сечением шириной b и высотой h или с круглым сечением диаметром d изгибающим моментом M. Определяется из выражения

$$\sigma_и = \frac{6M}{bh^2} \text{ или } \sigma_и = \frac{32M}{\pi d^3} \ кГ/мм^2.$$

[*1] Перечисленные характеристики определяются при растяжении образцов с головками и цилиндрической (призматической) рабочей частью.

При изгибе образца, лежащего на опорах с расстоянием между ними l, справедлива формула

$$\sigma_u = \frac{3Pl}{2bh^2} \text{ или } \sigma_u = \frac{8Pl}{\pi d^3} \ \kappa\Gamma/мм^2.$$

Твердость по Бринелю HB (табл. 9 и 10) — отношение нагрузки, вдавливающей стальной шарик в испытуемый металл или сплав,

9. Перевод значений твердости, определяемой различными методами

Твердость								
по Бринелю $D = 10$ *мм*; $P = 3000$ *кГ*		по Роквеллу с алмазным наконечником		по Супер-Роквеллу с алмазным наконечником			по Роквеллу с шариковым наконечником	по Виккерсу *HV*
		Шкала						
Диаметр отпечатка в *мм*	Число твердости *HB*	A $P = 60$ *кГ*	C $P = 150$ *кГ*	15N $P = 15$ *кГ*	30N $P = 30$ *кГ*	45N $P = 45$ *кГ*	B $P = 100$ *кГ*	
2,34	688	84,5	65,0	92,5	82,0	72,0		
2,37	670	83,5	64,0	92,0	81,0	71,0		—
2,39	659	83,0	63,0	91,5	80,0	70,0		
2,42	643	82,5	62,0	91,0	79,0	69,0		
2,44	632					68,0		832
2,46	621	82,0	61,0	90,5	78,0	67,0		800
2,48	611	81,5	60,0	90,0	77,5	66,5		773
2,50	601	81,0	59,0	89,5	77,0			756
2,52	592	80,5		89,0		65,0		728
2,54	582	80,0	58,0		76,0	64,0	—	704
2,56	573		57,0	88,5	75,0	63,5		693
2,58	564	79,5	56,5	88,0	74,0	62,0		672
2,60	555	79,0	56,0			61,5		653
2,62	547		55,0	87,5	73,5	61,0		635
2,64	538	78,5			73,0	60,5		626
2,66	530	78,0	54,0	87,0	72,5	60,0		610
2,68	522		53,0	86,5	71,5	59,0		594
2,70	514	77,5	52,5	86,5	70,0	58,0		586
2,72	507	77,0	52,0	86,0		57,0		570
2,74	499	76,0	51,0			56,5		563
2,76	492	76,0	50,0	85,5	69,5	56,0		549
2,78	485			85,0	69,0	55,0		542
2,80	478		49,5		68,0	54,0		531
2,82	470		49,0	84,5				521
2,84	464	75,0	48,0	84,0	67,5	53,5		514
2,86	457				67,0	53,0		508
2,88	451	74,5	47,5	83,5	66,5	52,5		495
2,90	444	74,0	47,0		66,0	52,0		484

Продолжение табл. 9

Твердость								
по Бринелю $D = 10$ *мм*; $P = 3000$ *кГ*		по Роквеллу с алмазным наконечником		по Супер-Роквеллу с алмазным наконечником			по Роквеллу с шариковым наконечником	по Виккерсу *HV*
		Шкала						
Диаметр отпечатка в *мм*	Число твердости *HB*	A $P = 60$ *кГ*	C $P = 150$ *кГ*	15N $P = 15$ *кГ*	30N $P = 30$ *кГ*	45N $P = 45$ *кГ*	B $P = 100$ *кГ*	
2,92	438	73,5	46,0	83,0	65,5	51,0		477
2,94	432		45,5		64,5	50,0		468
2,96	426		45,0					457
2,98	420			82,5	64,0	49,0		449
3,00	415	73,0	44,0	82,0	63,5	48,5		442
3,02	409				63,0			434
3,04	404		43,0	81,5		47,5		427
3,06	398	72,0			62,5			419
3,08	393		42,0	81,0	62,0	46,5		413
3,10	388							406
3,12	383	71,0	41,0	80,5	61,0	45,0		401
3,14	378		40,0	80,0	60,0	44,0		395
3,16	373	70,5						389
3,18	368		39,5	79,5	59,0	43,0		383
3,20	363	70,0						377
3,22	359		39,0					372
3,24	354							366
3,26	350		38,0	79,0	58,0	42,0		361
3,28	345	69,0	37,5					356
3,30	341		37,0	78,5	57,5	40,5	—	351
3,32	337	68,5	36,5					347
3,34	333			78,0	57,0	39,5		342
3,36	329		36,0					337
3,38	325	68,0						332
3,40	321		35,0	77,5	56,0	38,5		328
3,42	317	67,5	34,5					323
3,44	313		34,0	77,0	55,0	37,5		319
3,46	309		33,5			36,5		315
3,48	306	67,0						311
3,50	302		33,0	76,5	54,0	36,0		307
3,52	298		32,0					302
3,54	295		31,5		53,0	35,0		299
3,56	292		31,0	76,0	52,5	34,5		296
3,58	288			75,5	52,0	34,0		292
3,60	285	66,0			51,5	33,5		288
3,62	282		30,0	75,0		32,5		285
3,64	278				51,0	32,0		281
3,66	275	65,0	29,0	74,5	50,5	31,5		278

Продолжение табл. 9

Твердость									
по Бринелю $D = 10$ *мм*; $P = 3000$ *кГ*		по Роквеллу с алмазным наконечником		по Супер-Роквеллу с алмазным наконечником			по Роквеллу с шариковым наконечником	по Виккерсу *HV*
		Шкала						
Диаметр отпечатка в *мм*	Число твердости *HB*	A $P = 60$ *кГ*	C $P = 150$ *кГ*	15N $P = 15$ *кГ*	30N $P = 30$ *кГ*	45N $P = 45$ *кГ*	B $P = 100$ *кГ*	
3,68	272	65,0		74,0	50,0	30,5		274
3,70	269		28,0					271
3,72	266			73,5	49,0	29,5		268
3,74	263		27,0			29,0		265
3,76	260	64,0		73,0		28,5		262
3,78	257		26,0		48,0	28,0	—	259
3,80	255			72,5		27,0		259
3,82	252	63,5	25,5		47,0	26,5		253
3,84	249			72,0				250
3,86	246		25,0		46,0	26,0		247
3,88	244	63,0	24,5	71,5	45,5	25,0		244
3,90	241		24,0	71,0	45,0	24,0	100,0	242
3,92	239		23,5		44,5			239
3,94	236				44,0	23,5		236
3,96	234	62,0	23,0	70,5	43,5	23,0	99,0	234
3,98	231		22,5	70,0	43,0	22,5		231
4,00	229		22,0			22,0	98,0	229

10. Твердость абразивных материалов

Абразивный материал	Твердость			
	по шкале Мооса	по шкале Риджия	Микротвердость по ПМТ-3	Абразивная
Кварц	7	8	1000—1100	260
Гранат	6,5—8	10	1150—1400	500
Наждак	8	—	—	—
Корунд	9—9,2	12	2000—2600	600
Карборунд	9,5—9,7	13	2900—3300	880
Карбид бора	9,8—9,9	14	2800—4900	1080
Алмаз	10	15	10000	

к площади поверхности сферической лунки в металле (сплаве):

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{P}{\pi Dh} = \frac{2P}{\pi D\sqrt{D^2 - d^2}} \; \kappa\Gamma/\text{мм}^2,$$

где D — диаметр шарика (10; 5; 2,5 *мм*); d — измеренный диаметр отпечатка в *мм*; h_2 — глубина отпечатка. При нагрузках, равных численно $30D^2$, $10D^2$ и $2{,}5D^2$ (D в *мм*), твердость определяется по таблицам без вычислений. Метод рекомендуется при HB не выше 450 *кГ/мм²*.

Твердость по Виккерсу HV — отношение нагрузки на стандартную пирамиду при вдавливании ее вершиной в испытуемый материал к площади поверхности пирамидального отпечатка:

$$HV = \frac{P}{F} = 1{,}8544\,\frac{P}{D^2} \; \kappa\Gamma/\text{мм}^2,$$

где D — диагональ отпечатка.

Твердость по Роквеллу HR — условная характеристика, значение которой непосредственно отсчитывается по шкале твердомера. В зависимости от условий определения, которые регламентированы ГОСТом 9013—68, различают три значения $HR : HRA$ — для очень твердых материалов (шкала А): HRB — для мягкой стали (шкала В); HRC — для закаленной стали (шкала С).

К основным физическим характеристикам металлов и сплавов относятся:

Удельный вес (плотность) γ — отношение веса (массы) плотного вещества к его объему;

$$\gamma = \frac{G}{V_a} \quad \text{или} \quad \gamma = \frac{M}{V_a} \; г/см^3.$$

Температура плавления $t_{пл}$ — температура превращения кристаллов в жидкий сплав.

Коэффициент теплопроводности λ — отношение произведения количества тепла Q, проходящего через пластинку материала, на толщину пластинки l к площади пластинки F, умноженной на разность температур на ее сторонах ($t_1 - t_2$) и на время τ:

$$\lambda = \frac{Ql}{F(t_1 - t_2)\,\tau} \; кал/см \cdot сек \cdot град.$$

Коэффициент линейного расширения α — линейная деформация материала при изменении температуры на 1° С.

К основным технологическим свойствам металлов и сплавов относятся:

Обрабатываемость металла резанием, которую оценивают скоростью затупления резца при заданных режимах резания при обеспечении достаточной чистоты обработки и выражают в процентах от обрабатываемости автоматной стали — для разных сталей и свинцовистой латуни — для разных медных сплавов.

Свариваемость металла, которую оценивают пробами на свариваемость, например пробой наплавкой валика на листовой металл с определением качества металла в валике и прилегающих зонах.

Обрабатываемость металла давлением в горячем и холодном состоянии, которую оценивают разнообразными технологическими пробами (на осадку, на загиб, на вытяжку сферической лунки), характеристиками пластичности, упрочнения и твердости металла при температуре обработки.

МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

ЧУГУН

Чугун (табл. 11) — это сплав железа с углеродом (более 2% С) и другими элементами. По химическому составу чугун подразделяется на нелегированный и легированный.

Нелегированный чугун, кроме железа и углерода, содержит примеси марганца, серы, фосфора. В легированный чугун, кроме того, входят хром, никель, марганец и другие легирующие элементы.

По структуре чугун можно разделить на две группы:

белый чугун (с белым изломом), в котором углерод находится в форме цементита;

серый чугун (с серым изломом), содержащий углерод главным образом в форме графита. Серый чугун подразделяют на серый литейный, ковкий, модифицированный, высокопрочный.

СТАЛЬ

Сталью (табл. 12) называется сплав железа с углеродом (до 2% С).

По химическому составу сталь подразделяется на углеродистую и легированную, а по качеству — на сталь обыкновенного качества, качественную сталь, сталь повышенного качества и высококачественную.

1. *Сталь углеродистая обыкновенного качества* (ГОСТ 380—60*) изготовляется в мартеновских печах, в конверторах с продувкой кислородом сверху и бессемеровских конверторах. По степени раскисления сталь изготовляют кипящую, полуспокойную и спокойную.

В зависимости от назначения и гарантируемых характеристик сталь подразделяется на три группы: А — поставляемая по механическим свойствам; Б — поставляемая по химическому составу; В — поставляемая по механическим свойствам и с отдельными требованиями по химическому составу.

Сталь групп А и Б изготовляют мартеновским, конверторным и бессемеровским способами; группы В — мартеновским и конверторным способами.

Группа А стали изготовляется следующих марок: Ст. 0, Ст. 1, Ст. 2, Ст.3, Ст.4, Ст.5, Ст.6, Ст.7.

Группа Б стали изготовляется марок: МСт.0, МСт.1, МСт.2, МСт.3, МСт.4, МСт.5, МСт.6, МСт.7, КСт.0, КСт.1, КСт.2, КСт.3, КСт.4, КСт.5, КСт.6, КСт.7, БСт.0, БСт.1, БСт.2, БСт.3, БСт.4, БСт.5, БСт.6.

Группа В стали изготовляется марок: ВМСт.2, ВМСт.3, ВМСт.4, ВМСт.5, ВКСт.2, ВКСт.3, ВКСт.4, ВКСт.5.

2. *Сталь углеродистая качественная* (ГОСТ 1050—60*) изготовляется в основных конверторах с продувкой кислородом сверху, в мартеновских и электрических печах спокойная, полуспокойная и кипящая, по содержанию марганца делится на I и II группы (с нормальным содержанием и повышенным).

3. *Низколегированная сталь* (ГОСТ 5058—65) изготовляется двух групп: А — для машиностроения, Б — для армирования железобетонных конструкций.

4. *Легированная сортовая сталь* (ГОСТ 4543—61*) подразделяется на качественную и высококачественную. Последняя отличается суженными пределами по содержанию углерода, меньшим содержанием вред-

11. Механические и физические свойства чугуна

Марка	Механические свойства						Физические свойства		
	$\sigma_в$	$\sigma_и$	$\sigma_с$	δ	ψ	HB	γ в $Г/см^3$	λ в кал/см × × сек·град	$\alpha \cdot 10^{-6}$
	в кГ/мм²			в %					
Серый чугун с пластинчатым графитом (ГОСТ 1412—54) [1]									
СЧ 00	—	—	—		—	—			
СЧ 12-28	12	28	50			143—229			
СЧ 15-32	15	32	56,5			163—229			
СЧ 18-36	18	36	70			170—229			
СЧ 21-40	21	40	75						
СЧ 24-44	24	44	85	—	0,5—1,5	170—241	6,8—7,6	0,12—0,15	10—12
СЧ 28-48	28	48	100						
СЧ 32-52	32	52	110			187—255			
СЧ 35-56	35	56	120			197—269			
СЧ 38-60	38	60	130			207—269			
Высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ГОСТ 7293—70) [2]									
ВЧ 42-12	42	70		12		187—255			
ВЧ 50-2	50	90		2,0		180—260			
ВЧ 60-2	60	110	160—250	2	0,5—3	200—280	6,8—7,4	0,12—0,15	10—12
ВЧ 45-5	45			5		160—220			
ВЧ 38-17	38			17		156—197			

[1] Чугун этой группы хорошо обрабатывается резанием и плохо сваривается.
[2] Чугун этих групп удовлетворительно обрабатывается резанием и плохо сваривается.

Продолжение табл. 11

Марка	Механические свойства						Физические свойства		
	$\sigma_в$	$\sigma_и$	$\sigma_с$	δ	ψ	*HB*	γ в $Г/см^3$	λ в $кал/см \times$ $\times$ $сек \cdot град$	$\alpha \cdot 10^{-6}$
	в $кГ/мм^2$			в %					
Ковкий чугун (ГОСТ 1215—59) *2									
КЧ 30-6	30	60—110	140—220	6	2,0—5,0	163	7,2—7,4	0,12—0,13	10,0—12.0
КЧ 33-8	33			8					
КЧ 35-10	35			10					
КЧ 37-12	37			12					
КЧ 45-6	45			6		241			
КЧ 50-4	50			4					
КЧ 66-4	66								
КЧ 60-3	60			3		269			
КЧ 63-2	63			2					
Антифрикционный чугун (ГОСТ 1585—70)									
АЧС-1	—	20—25	—	—	—	180—262	—	—	
АЧС-2						180—229			
АЧС-3						160—190			
АЧК-1						187—262			
АЧК-2						167—197			
АЧВ-1						210—260			
АЧВ-2						167—197			
Жаростойкий чугун (ГОСТ 7769—63)									
ЖЧХ-0,8	18	36	—	—	—	207—285	5,5—7,5	—	11,5—12
ЖЧХ-1,5	15	32							
ЖЧХ-2,6						228—363			
ЖЧХ-30	30	50				370—550		0,04	9,4
ЖЧСШ-5,5	22	—				228—321		—	—

12. Механические, физические и технологические свойства стали

Марка	Механические свойства						Физические свойства			Технологические свойства			
	$\sigma_т$	$\sigma_в$	δ	ψ	$a_н$ в $кГ \cdot м/см^2$	HB	γ в $Г/см^3$	λ в $кал/см \times сек \cdot град$	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Интервал температур ковки в °С	Пластичность при холодной обработке
	в $кГ/мм^2$		в %										
Сталь углеродистая качественная (ГОСТ 1050—60*)													
1 группа													
0,8кп	18	30	35	60	—	131 *1	7,830	—	11,6	—	—	—	—
0,8	20	33	33					0,193		У *3	ВВ	800—1300	ВВ
10кп	19	32		55		137 *1	—	—	—	—	—	—	—
10	21	34	31				7,830	0,193	11,6	У	ВВ	800—1300	ВВ
15кп		36	29		5,5—6,5	143 *1	—	—	—	—	—	—	—
15	23	38	27				7,820	0,185	11,9	У	ВВ	800—1250	ВВ
20кп		39			—		—	—	—	—	—	—	—
20	25	42	25		5,0—5,5	156 *1	7,820	0,186	11.1	В	ВВ	800—1280	В
25	28	46	23	50	9	170 *1		0,180				800—1280	
30	30	50	21		8	179 *1	7,817		12,6		В	800—1250	
35	32	54	20	45	7	187 *1			11,09			800—1250	
40	34	58	19		6	187 *2	7,815	0,142	12,4		У		У
45	36	61	16	40	5	197 *2	7,814	0,162	11,649				
50	38	64	14		4	207 *2	7,811		12,0	У			Н
55	39	66	13	35	4	217 *2	7,820		11,0		Н		

*1 Для горячекатаной стали. *2 Для отожженной стали.
*3 Обозначение технологических свойств здесь и дальше: Н — низкая, У — удовлетворительная, В — высокая, ВВ — весьма высокая.

Продолжение табл. 12

Марка	Механические свойства: σ_T, в кГ/мм²	$\sigma_в$, в кГ/мм²	δ, в %	ψ, в %	$a_н$ в кГ·м/см²	HB	Физические свойства: γ в Г/см³	λ в кал/см × сек·град	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Технологические свойства: Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Интервал температур ковки в °C	Пластичность при холодной обработке
60	41	69	12	35	—	229 *2	7,800	0,161	11,1	У	Н	800—1240	Н
65	42	71	10				7,810		11,8			800—1230	
70	43	73	9	30					11,5			800—1215	
75	90	110	7			241 *2	—	—	—	—	—	—	—
80	95		6										
85	100	115				255 *2							
2 группа													
15Г	25	42	26	55	—	163 *1	7,816	0,185	12,3	В	В	800—1250	В
20Г	28	46	24	50		197 *1	7,814	0,186				800—1230	
30Г	32	55	20	45	8	187 *2	7,812	0,180	12,6		У		
40Г	36	60	17		6	207 *2	7,810	0,142	9,4		Н	800—1200	У
45Г	38	63	15	40	5	217 *2	7,800	—	—	У			
50Г	40	66	13		4		7,806	0,092	11,6				Н
60Г	42	71	11	35	—	229 *2	7,814	—	11,1	—			
65Г	44	75	9	30			7,812						
70Г	46	80	8				7,811		11,5	У		800—1280	
Сталь конструкционная легированная (ГОСТ 4543—61*)													
1-я группа — хромистая													
15Х	50	70	12	45	7	179	7,74	0,12	11,3	В	В	800—1260	В
20Х	65	80	11	40	6			—					У

Продолжение табл. 12

Марка	Механические свойства: σ_T в $кГ/мм^2$	$\sigma_в$ в $кГ/мм^2$	δ в %	ψ в %	$a_н$ в $кГ\cdot м/см^2$	HB	Физические свойства: γ в $Г/см^3$	λ в $кал/см \times сек \cdot град$	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Технологические свойства: Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Интервал температур ковки в °C	Пластичность при холодной обработке
30Х	70	90	12	45	7	187	7,75	0,11	13,4	В	У	800—1230	У
35Х	75	95	11			241	7,818					800—1190	
38ХА	80		12	50	9	207	7,85					800—1200	
40Х		100	10	45	6	217						800—1230	
45Х	85	105	9		5	229	7,816	—	12,8				
50Х	90	110		40	4		7,821				Н	800—1280	Н
2-я группа — марганцовистая													
10Г2	25	43	22	50	—	197	7,801	—	—	У	В	800—1200	В
35Г2	37	63	13	40	8	207	7,790	0,09			Н		У
40Г2	39	67	12			217	7,799	—					Н
45Г2	41	70	11		7	229	7,800	0,097	11,3			800—1180	
50Г2	43	75		35			7,785		11,3				
3-я группа — хромомарганцевая													
18ХГ	75	90	10	40	—	187	7,85	—	—	—	—	—	—
18ХГТ	85	100	9	50	8	217							
20ХГР	80					197				В	Н	800—1150	У
30ХГТ	130	150		40	6	229				—	—	—	—
40ХГ	85	100		45						В	Н	800—1200	Н
35ХГ2	70	85	12		8					У			У
40ХГР	80	100	11			241				—	—	—	—

Продолжение табл. 12

Марка	Механические свойства: σ_T в кГ/мм²	$\sigma_в$ в кГ/мм²	δ в %	ψ в %	$a_н$ в кГ·м/см²	HB	Физические свойства: γ в Г/см³	λ в кал/см × сек·град	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Технологические свойства: Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Интервал температур ковки в °С	Пластичность при холодной обработке
4-я группа — хромокремнистая													
33ХС	70	90	13	50	8	241	7,74	0,088	11,7	У	Н	850—1150	Н
38ХС	75	95	12		7	255		0,085					
40ХС	110	125		40	5		7,735						
5-я группа — кремнемарганцевая													
27СГ	85	100	12	40	5	217	7,78	0,108	11,5	У	У	800—1260	У
35СГ	70	90	15		6	229	7,80				Н	800—1200	
36Г2С	50	75	12	35	—			—	—			800—1180	Н
6-я группа — хромомолибденовая и хромовольфрамовая													
15ХМ	28	45	21	55	12	179	7,82	0,11	—	—	В	800—1200	В
30ХМ	75	95	11	45	8	229		0,085	12,3	В	Н		У
35ХМ	85	100	12			241		0,097				850—1180	
30ХМА	75	95		50	9	229		0,085				800—1200	
38ХВА	90	100			8		—	—	—	—	—	—	—
7-я группа — хромованадиевая													
15ХФ	55	75	13	50	8	187	7,80	0,095	12,0	У	У	800—1250	У
20ХФ	60	80	12			197							
40ХФА	75	90	10		9	241	7,81	0,125	11,0		Н	800—1230	

Продолжение табл. 12

Марка	Механические свойства: $\sigma_т$ в кГ/мм²	$\sigma_в$ в кГ/мм²	δ в %	ψ в %	$a_н$ в кГ·м/см²	НВ	Физические свойства: γ в Г/см³	λ в кал/см × × сек·град	$\alpha\cdot10^{-6}$	Технологические свойства: Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Интервал температур ковки в °С	Пластичность при холодной обработке
					8-я группа — никельмолибденовая								
15НМ20НМ	65	85	11	50	8	197	—	—	—	—	—	—	—
					9-я группа — хромоникелевая								
20ХН	60	80	14	50	8	197	7,871	—	—	В	У	800—1260	У
40ХН	80	100	11	45	7	207	7,820	0,105	11,8	У	Н	820—1170	
45ХН	85	105	10					0,107		В		870—1150	Н
50ХН	90	110	9	40	5		7,861					800—1200	
13Н2ХА	40	60	15	50	11		7,88	0,052	12,6		У	900—1150	У
12ХН2	60	80	12		9							800—1200	
12ХН3А	70	95	11	55		217	7,884	0,074	11,8				
20ХН3А	75		12		10	241	7,88					800—1160	
30ХН3А	80	100	10	50	8		7,830	0,090	11,6		Н	850—1150	Н
12Х2Н4А	95	115			9	269	7,840	0,074	11,8		У	800—1180	У
20Х2Н4А	110	130	9	45	8			—	—			850—1150	
					10-я группа — хромокремнемарганцевая								
20ХГСА	65	80	12	45	7	207	7,760	0,09	11	В	В	800—1250	В
25ХГСА	85	110	10	40	6	217						800—1240	
30ХГС				45	4,5	229	7,850			У		850—1200	У
30ХГСА					5		7,855						

Продолжение табл. 12

Марка	Механические свойства						Физические свойства			Технологические свойства			
	σ_T	$\sigma_в$	δ	ψ	$a_н$ в кГ·м/см²	HB	γ в Г/см³	λ в кал/см × сек·град	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Интервал температур ковки в °C	Пластичность при холодной обработке
	в кГ/мм²		в %										
30ХГСНА	140	165	9	45	6	255	—	—	—	—	—	—	—
35ХГСА	130			40	4	241	7,755	0,09	11,0	У	Н	850—1180	Н
11-я группа — хромомарганцевоникелевая и хромокремненикелевая													
15ХГНТ	70	95	10	50	9	269	—	—	—	—	—	—	—
15ХГНТА	75		11	55	10								
15Х2ГН2Т	85	100		50				0,096	11,8				
15Х2ГН2ТА	90		12	55	11			—	—				
15Х2ГН2ТРА		105			10								
18ХГН	70	85		50	7	197				В	Н	900—1200	У
20ХГНР; 20ХНР	120	130	10		9	—				—	—	—	—
38ХГН	70	90	12	45	10	229				У	Н	800—1200	Н
30Х2ГН2	130	150	10		7	255							
16ХСН	—	—	—	—	—	197				—	—	—	—
18ХСНРА	110	130	10	45	7								
12-я группа — хромоникелевольфрамовая и хромоникелемолибденовая													
30ХНВА	80	110	10	45	8	241	—	—	—	—	—	—	—
38ХНВА	95		12	50		269							
40ХНВА							7,85			В	Н	850—1100	Н
40ХНМ	85	100		55	10			0,110	11,7	—	—	—	—

Продолжение табл. 12

Марка	Механические свойства: σ_T, в кГ/мм²	$\sigma_в$, в кГ/мм²	δ, в %	ψ, в %	$a_н$ в кГ·м/см²	HB	Физические свойства: γ в Г/см³	λ в кал/см × × сек·град	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Технологические свойства: Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Интервал температур ковки в °C	Пластичность при холодной обработке
30Х2НВА	100	120	10	45	8	269	—	—	—	—	—	—	—
38ХН3ВА		110	12	50									
18Х2Н4ВА	85	115			11		7,94	0,057	14,5	У	У	850—1100	Н
25Х2НЧВА	95	110	11	45	9	—	—	—	—	—	—	—	—
13-я группа — хромоникелевольфрамованадиевая и хромоникелемолибденованадиевая													
30ХН2ВФА	80	90	10	40	9	269	—	—	—	—	—	—	—
30Х2НВФА	85	105	12	55	10								
38ХН3ВФА	110	120		50	8								
20ХНЧФА	70	90			10								
38ХН3МФА	110	120			8	—							
14-я группа — хромоалюминиевая (с вольфрамом и молибденом)													
38ХЮ	78	90	10	45	8	229	—	—	—	—	—	—	—
38ХМЮА	85	100	14	50	9		7,71		12,3				
38ХВФЮ			10	45	8		—		—				
Высокоуглеродистая хромистая шарикоподшипниковая сталь (ГОСТ 801—60*)													
ШХ6	—	—	—	—	—	107—207	—	0,0996	—	—	—	870—1150	—
ШХ9	42	73	21	46	4,5	179—207	7,788	0,0964	13,0	У	Н	800—1200	У
ШХ15							7,811	0,0958	14,0			850—1180	
ШХ15СГ			15—25	40—55		170—207	7,75	0,095	—			850—1100	Н

Продолжение табл. 12

Марка	Механические свойства						Физические свойства			Технологические свойства			
	σ_T	$\sigma_в$	δ	ψ	$a_н$ в $кГ \cdot м/см^2$	HB	γ в $Г/см^3$	λ в $кал/см \times$ $\times$ $сек \cdot град$	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Интервал температур ковки в °С	Пластичность при холодной обработке
	в $кГ/мм^2$		в %										
Автоматная сталь (ГОСТ 1414—64)													
Горячекатаная сталь													
А12	29	42—57	22	36		160	7,837	0,185	11,9	ВВ	В	850—1200	У
А20		46—61	20	30		168							
А30	—	52—61	15	26	—	185	—	—	—	В	—		—
А40Г		60—75	14	20		207						800—1100	
Холоднотянутая сталь													
А12		52—80	7,0			167—217	7,837	0,185	11,9	ВВ	В	850—1200	У
А20	—	54—80		—	—								
А30		55—84	6,0			174—223	—	—	—	В	—	—	—
А40		60—80	17,0			179—229							
Коррозионно-стойкая (нержавеющая) сталь (ГОСТ 5949—61*)													
1Х13	42	60	20	60	9	116—179	7,75	0,055	10,2	У	Н	900—1150	В
2Х13	45	66	16	55	8	126—197		0,07	9,6				У
3Х13	30	65	20	60	7	131—207	7,76	0,05	11,0				Н
4Х13	35	60				143—229	7,75	0,0595	10,1	—	—	—	—
9Х18	—	—	—	—	—	До 225		0,0383	10,09	У	У	850—1150	У
Х18Н9	20	65	45	60	12,5	—	7,90	0,039	16,0	Н	В	900—1200	В
2Х18Н9	22	68	40	55			7,8	0,0383	15,0	—	—	—	—

Продолжение, табл. 12

Марка	Механические свойства						Физические свойства			Технологические свойства			
	σ_T в кГ/мм²	$\sigma_в$ в кГ/мм²	δ в %	ψ в %	$a_н$ в кГ·м/см²	HB	γ в Г/см³	λ в кал/см × сек·град	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Интервал температур ковки в °C	Пластичность при холодной обработке
Х18Н9Т	20	55	40	55	—	140—170	7,95	0,04	14,7	Н	В	900—1150	В
Х18Н12Т						—						—	У
Жаростойкая (окалиностойкая) сталь (ГОСТ 5949—61*)													
Х23Н13	30	55	35	50	—	—	7,85	0,05	13,3	У	В	—	У
Х23Н18							7,95						
Х25Т		45	20	45			7,48		—	—	—		—
Х28									10,07				
Рессорно-пружинная сталь (ГОСТ 2052—53)													
65			9	35		255						—	
55ГС	80	100	8			285	—			—	—	800—1200	—
65Г						269						800—1180	
50С2	110	120		30					—				
55С2	120	130	6			285	7,68			У	Н	800—1200	Н
60С2				25									
60С2А	140	160	5	20	—		—	—	12,4	—			
70С3А	160	180		25			—		—		—	—	
50ХГ	110					302						800—1200	—
50ХГА	120	130	6	35			7,812		11,3	У	Н	850—1160	
50ХФА	110		10	45			—		12,4			800—1200	

Продолжение табл. 12

Марка	Механические свойства: σ_T в $кГ/мм^2$	$\sigma_в$ в $кГ/мм^2$	δ в %	ψ в %	$a_н$ в $кГ \cdot м/см^2$	HB	Физические свойства: γ в $Г/см^3$	λ в $кал/см \times сек \cdot град$	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Технологические свойства: Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Интервал температур ковки в °C	Пластичность при холодной обработке
60С2ХА	160	180	5	20	—	321	—	—	—	—	—	—	—
55СГ	120	130	6	30		285	7,76			У	Н	800—1180	Н
60СГ			5	25			—			—		—	—
60СГА	140	160									—		
Углеродистая инструментальная сталь (ГОСТ 1495—54)													
У7А	—	63	21	38	—	187	7,83	—	—	—	—	870—1125	—
У8А		60	—	—								750—1125	
У10А			23	60		197	7,81					750—1100	
У11А		—	—	—		207							
У12А		65	28	50									
У13А		—	—	—			7,80						
Легированная инструментальная сталь (ГОСТ 5950—63)													
7ХФ, 8ХФ, 9ХФ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11Х						217	7,82					750—1100	
13Х						240	7,80					770—1125	

Продолжение табл. 12

Марка	Механические свойства: σ_T в кГ/мм²	$\sigma_в$ в кГ/мм²	δ в %	ψ в %	$a_н$ в кГ·м/см²	HB	Физические свойства: γ в Г/см³	λ в кал/см × сек·град	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Технологические свойства: Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Интервал температур ковки в °С	Пластичность при холодной обработке
ХВ5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
В1													
Ф													
Х		73	20	35	0,5	229	7,83					800—1150	
9ХС		65	—	55	0,75	241						800—1140	
ХВСГ		—	—	—	—	229							
ХВГ						255						800—1150	
9ХВГ						—	—					—	
9Х5Ф													
9Х5ВФ													
8Х4В4Ф1													
Быстрорежущая сталь (ГОСТ 9373—60*)													
Р18	—	—	—	—	—	207—255	8,7	—	—	—	—	900—1200	—
Р12							8,5						
Р9							8,3						
Р6М3						207—235	8,5					900—1150	
Р18Ф2						207—269	8,7					900—1200	
Р9Ф5							8,11					900—1180	
Р14Ф4							8,42						
Р9К5							8,3					900—1150	
Р9К10												900—1180	
Р10К5Ф5							8,13						
Р18К5Ф2						285	8,2					900—1200	

ных примесей, большей гарантированной чистотой по неметаллическим включениям и повышенными механическими свойствами. В зависимости от основных легирующих элементов сталь подразделяется на 14 групп.

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Алюминий и сплавы на его основе. Алюминий (табл. 13) — металл с малым удельным весом, обладает высокой электропроводностью, теплопроводностью и высокой коррозионной стойкостью.

Алюминиевые сплавы (см. табл. 13) подразделяются на литейные и деформируемые. *Литейные алюминиевые сплавы* в зависимости от химического состава подразделяются на пять групп:

сплавы на основе системы алюминий — магний (марки АЛ8, АЛ13, АЛ22, АЛ23, АЛ23-1, АЛ27, АЛ27-1, АЛ28, АЛ29);

сплавы на основе системы алюминий — кремний (марки АЛ2, АЛ4, АЛ4В, АЛ9, АЛ9В);

сплавы на основе системы алюминий — медь (марки АЛ7, АЛ7В, АЛ19);

сплавы на основе системы алюминий — кремний — медь (марки АЛ3, АЛ3В, АЛ5, АЛ6, АЛ10В, АЛ14В, АЛ15В);

сплавы на основе системы алюминий — прочие компоненты (марки АЛ1, АЛ11, АЛ16В, АЛ17В, АЛ18В, АЛ20, АЛ24, АЛ25, АЛ26, АЛ30).

Деформируемые алюминиевые сплавы делятся на две группы:

не упрочняющиеся под влиянием естественного и искусственного старения;

упрочняющиеся под влиянием термической обработки.

Магний и сплавы на его основе. Магний (табл. 14) обладает чрезвычайно малым удельным весом. Недостатком магния является его низкая коррозионная стойкость. Применяется в основном для изготовления литейных и деформируемых магниевых сплавов.

Деформируемые магниевые сплавы подразделяются на шесть групп: малолегированные сплавы на основе системы магний—марганец марок МА1, МА8; средне- и высоколегированные на основе системы алюминий—цинк (МА2, МА2-1, МА3, МА5) и системы магний—марганец—алюминий—кальций (МА9); высоколегированные сплавы на основе системы магний—цинк—цирконий (ВМ65-1, ВМД3); высоколегированные сплавы на основе системы магний—алюминий—кадмий—серебро (МА10); жаропрочные сплавы на основе системы магний—торий—марганец (ВМД1, МА13); жаропрочные сплавы на основе системы магний—марганец—неодим (МА11).

Медь и сплавы на ее основе. Медь (табл 15) — материал, обладающий наивысшей после серебра электропроводностью и теплопроводностью. Обладает высокими механическими и технологическими свойствами. Применяется для производства медных сплавов: бронзы, латуни и др.

Оловянные бронзы представляют собой сплав меди с оловом, а также с добавками фосфора, цинка, свинца и др., делятся на литейные и деформируемые.

Специальные (безоловянные) бронзы представляют собой двойные или более сложные сплавы на медной основе, содержащие в качестве добавок алюминий (алюминиевые бронзы), бериллий (бериллиевые бронзы), никель, кремний и др.

13. Механические, физические и технологические свойства алюминиевых сплавов

Марка	Механические свойства				Физические свойства			Технологические свойства		
	$\sigma_в$ в $кГ/мм^2$	δ в %	ψ в %	*HB*	γ в $Г/см^3$	λ в $кал/см \times сек \cdot град$	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
Деформируемые алюминиевые сплавы (ГОСТ 4784—65*)										
АД, АД1	8	35	80	25	2,71	0,54	21,6	Н	В	ВВ
АМц	13	23	70	30	2,73	0,43	24,0			
АМц2	19		64	45	2,67	0,34	23,8			
АМг5М	27		—	70	2,65	—	24,3	У	У	
АМг3	19	15		50	2,67	0,35	23,8	Н	В	
АМг5	26	22		65	2,65	0,28	24,3	У	У	
АМг6	30	18		80	2,63	0,27	24,0			
Д1, Д1П	41	15	30	115	2,8	0,42	22,0			У
Д16, Д16П	22	13		—		0,46				
Д19	16	24	—	38	2,75	—			—	В
АВ	22	22	50	65	2,69	0,50	23,5	Н	В	В
АК2 *1	52	9	—	115	2,8	0,45	22,0	У		У
АК4 *1	39—43	10	20—25	120		—				Н
АК6 *1	42	13	40	105	2,75		—	В		У
АК8 *1	48	10	25	135	2,8	0,47	25,5			Н
В95 *1	44	14	—	—		—	23,6		Н	У
ВД17 *2	49	20		115	2,75	0,30	23,5		—	В
Д20 *1	40	12	35	110	2,84	0,33	22,5	У	В	

*1 Для закаленного и искусственно состаренного сплава.
*2 Для прессованных полуфабрикатов.

Продолжение табл. 13

Марка	Механические свойства $\sigma_в$ в кГ/мм²	Механические свойства δ в %	Механические свойства ψ в %	Механические свойства HB	Физические свойства γ в Г/см³	Физические свойства λ в кал/см × сек·град	Физические свойства $\alpha \cdot 10^{-6}$	Технологические свойства: Обрабатываемость резанием	Технологические свойства: Свариваемость	Технологические свойства: Пластичность при холодной обработке
Литейные алюминиевые сплавы *1 (ГОСТ 2685—63*)										
АЛ1	21	1,0	—	95	2,81	0,40	22,3	В	В	В
АЛ2	16,0	2,0		50	2,66	0,42	21,1	Н	У	
АЛ3	17,0	0,5		65	2,70	0,36	22,1	У	В	У
АЛ4	20,0	1,5		70	2,65	0,38	21,7		У	В
АЛ5	16,0	0,5		65	2,70	0,36	23,1		В	У
АЛ6	15,0	1,0		45	2,76	0,35	22,9	В		У
АЛ7	21,0	6,0		60	2,81	0,37	23,0			Н
АЛ8	29,0	9,0			2,58	0,20	24,5		У	У
АЛ9	21,0	2,0			2,69	0,36	23,0	У	В	В
АЛ9В	22,0	0,5		75	—					—
АЛ10В	17,0	—		90	2,89	—		В		У
АЛ11	25,0	1,5			2,94		24,0			В
АЛ13	15,0	1,0		55	2,63	0,25	22,0			У
АЛ14В	24,0	0,5		85	2,73	—	—			—
АЛ15В	22,0	—		80	—			У	—	
АЛ16В		0,5		70						
АЛ17В	20,0	1,0		75						
АЛ18В	18,0	—		80						

*1 Механические свойства алюминиевых литейных сплавов указаны для образцов, отлитых в кокиль.

14. Механические, физические и технологические свойства магниевых сплавов

Мврка материв-ла	Механические свойства					Физические свойства			Технологические свойства		
	$\sigma_в$ в $кГ/мм^2$	δ в %	ψ в %	$a_н$ в $кГ \cdot м/см^2$	HB	γ в $Г/см^3$	λ в $кал/см \times \times сек \cdot град$	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
Деформируемые магниевые сплавы											
МА1	18,0	7,0	—	—	35	1,76	0,30	22,3	ВВ	В	Н
МА2	24,0	5,0			45	1,78	0,23	26,0	—		У
МА3	26,0	8,0			50	1,80	0,16	26,1	В	Н	
МА5	27,0	6,0			55	1,82	0,14		—	У	—
МА8	22,0	4,0			—	1,78	0,32	23,7	ВВ	В	У
ВМ65-1	32,0	6,0	16,0		60	1,83	0,28	20,9	—	Н	—
Литейные магниевые сплавы (ГОСТ 2856—68)											
МЛ2	9,0	3,0	6,0	0,5	35,0	1,77	0,32	26,6	В	В	—
МЛ3	16,0	6,0	12,0		45,0	1,78	0,25	26,0	ВВ	У	
МЛ4		3,0	6,0	0,2	50,0	1,84	0,18	26,4	—	Н	
МЛ5	15,0	2,0	4,0	—		1,81	0,185	26,8	ВВ	У	
МЛ6		1,0	2,5	0,2	55,0	1,82	0,170	26,1			
МЛ7-1	18,0	6,0	3,0	0,4	55,0	1,76	0,18	23,04		Н	
МЛ-11	12,0	1,5	8,0	0,25	60,0	1,80	0,28	21,9		У	
МЛ-12	20,0	6,0	5,0	0,33	7,5		0,32	26,2		Н	

15. Механические, физические и технологические свойства меди и сплавов на ее основе

Марка	Механические свойства						Физические свойства			Технологические свойства		
	σ_T	$\sigma_в$	δ	ψ	$a_н$ в кГм/см²	HB	γ в Г/см³	λ в кал/см × × сек·град	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
	в кГ/мм²		в %									
Техническая медь (ГОСТ 859—66*)												
М0 М1 М2 М3 М4	7,5—15	20—24	44—55	65—75	10—12	40—50	8,94	0,941	16,6	П	—	ВВ
Двойная деформируемая латунь*¹ (ГОСТ 16527—70)												
Л96	—	24,0	50,0	—	22,0	—	8,85	0,58	17,0	Н		
Л90	12,0	26,0	45,0	80,0	18,0	63,0	8,78	0,40				
Л85	10,0	28,0		85,0	—	54,0	8,75	0,36	18,7			
Л80	12,0	32,0	52,0	70,0	16,0	53,0	8,65	0,34	18,8	У	—	ВВ
Л70	9,1		55,0		17,0	—	8,53	0,29	18,9			
Л68							8,60	0,28	19,0			
Л62	11,0	33,0	49,0	66,0	14,0	66,0	8,43	0,26	20,6			В

*¹ Механические свойства даны для деформированной и отожженной меди.

Продолжение табл. 15

Марка	Механические свойства						Физические свойства			Технологические свойства		
	σ_T	$\sigma_в$	δ	ψ	$a_н$ в *кГм/см²*	*HB*	γ в *Г/см³*	λ в *кал/см × сек·град*	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
	в *кГ/мм²*		в %									
Многокомпонентная деформируемая латунь[*2] (ГОСТ 15527—70)												
ЛА85-0,5	—	30,0	60,0	50,0	—	54,0	8,6	0,26	18,6	—		
ЛА77-2		40,0	55,0	58,0	20,0	60,0	8,5	0,24	18,5			
ЛАЖ60-1-1	20,0	45,0	45,0	30,0	—	95,0	8,2	—	21,6	У		—
ЛН65-5	17,0	40,0	65,0	—		60,0	8,65	0,14	18,2			
ЛЖМц59-1-1		45,0	50,0	55,0	12,0	88,0	8,5	0,24	22,0	Н		
ЛМц58-2	—	40,0	40,0	50,0		85,0	8,4	0,168	21,2			В
ЛМцА57-3-1	20,0	55,0	25,0	—	13,5	115,0		0,241	—	У		
ЛО90-1	8,5	28,0	45,0	55,0	7,5	58,0	8,8	0,30	18,4			
ЛО70-1	10,0	35,0	60,0	70,0	12,0	60,0	8,54	0,26	20,2	Н	—	ВВ
ЛАН59-3-2	30,0	38,0	50,0	—	4,1	75,0	8,4	0,20	19,1			
ЛО62-1	15,0	40,0	40,0		8,0	80,0	8,45	0,26	21,4	У		В
ЛО60-1		38,0		46,0	7,5	—		0,28	21,0			
ЛС74-3	10,4		50,0	—		60,0	8,7	0,29	19,8			—
ЛС64-2	10,0	35,0	55,0	60,0	—		8,5	0,28	20,3	ВВ		
ЛС63-3	12,0			—		—			20,5			В

[*2] Механические свойства даны для мягкой латуни.

Продолжение табл. 15

Марка	Механические свойства: σ_T, в кГ/мм²	$\sigma_в$, в кГ/мм²	δ, в %	ψ, в %	$a_н$ в кГм/см²	HB	Физические свойства: γ в Г/см³	λ в кал/см × × сек·град	$\alpha\cdot10^{-6}$	Технологические свойства: Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
ЛС60-1	13,0	37,0	45,0	—	—	—	8,5	0,28	20,8		—	—
ЛС59-1	14,0	40,0			5,0	90,0		0,25	20,6			В
ЛЖС58-1-1	—		35,0		—	—	—	—	—	—		—
ЛК80-3		30,0	58,0		12,0—16,0	60,0	8,6	0,1	17,1			
Литейная латунь (ГОСТ 1019—47)**												
ЛА67-2,5	15,0	30—40	15,0	—	8—10	90,0	8,5	0,27	—	У	—	—
ЛАЖМц66-6-3-2	30—35	65,0	7,0		1,38—2,76	160,0		0,119	19,8			
ЛАЖ60-1-1-Л	25,0	40,0	20,0		2,7—2,5	90,0		0,27	21,0			В
ЛК80-3Л	16,0	30—40	15—20		12,0	95—110	8,3	0,10	17,0			—
ЛКС80-3-3	14,0		15—25		4,0	90—100	8,6	0,2		В		
ЛМцС58-2-2	24,0	30—42	20,0		7,0	70—90	8,5	0,11		У		
ЛМцОС-58-2-2-2	26,0	30,0	6,0		4,15—6,9	90—100		0,118	—			
ЛМцЖ-56-3-1	25,0	50,0	10,0		3,5	90—120		0,24	22,0			
ЛМцЖ-52-4-1	30,0		16—22		2,76—5,5	100—140	8,3	—	—			
ЛС-59-1Л	15,0	20—42	40,0		2,6	80—90	8,5	0,26	20,1	ВВ		

Продолжение табл. 15

Марка	Механические свойства						Физические свойства			Технологические свойства		
	σ_T	$\sigma_в$	δ	ψ	$a_н$ в *кГм/см²*	*HB*	γ в *Г/см³*	λ в *кал/см* × × *сек·град*	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
	в *кГ/мм²*		в %									
Литейная оловянная бронза												
Бр.О-10	18,0	35,7	3—10	10—14	6	62	8,8	0,115	18,5	У	У	У
Бр.ОФ10-1	28,0	25—35	7—10	10,0	0,9	90—120	8,76	0,082—0,13	19,5			
Бр.ОЦ10-2	14,0	20—25	2—10	10—14	1—1,5	90—105	8,78—8,89	0,132	19,3			В
Бр.ОЦ8-4	12,0		4—10	8—12	2—2,5	75—85	8,78	0,163	15,6			—
Бр.ОНС11-4-3	18,0	20—28	1,2	—	0,3—1,0	—	—	—	17,0	—	—	
Бр.ОЦН5-2-5	13,1	35,0	52,0	53,2		80,0						
Бр.ОС8-12	12,0	15—20	3—8	—	1—1,4	65—75	9,1		17,1			
Бр.ОС5-25	8—10	14—18	5—8	12,0	1—2	55—65	—	0,14	17,6			
Вторичная литейная оловянная бронза (ГОСТ 613—65)												
Бр.ОЦСН-3-7-5-1	—	21,0	5,0	—	—	50,0	8,7	0,20	17,1	ВВ	Н	В
Бр.ОЦС-3-12-5							8,69					
Бр.ОЦС-5-5-5	8—10	20—25	12,0	6—13		65—75	8,84	0,224				
Бр.ОЦС-6-6-3		18—25	4—8	5—10	2—3	65—75	8,82					
Бр.ОЦС-4-4-17	—	15,0	5,0	—	—	60,0	8.8	0,2	18,7	В		

Продолжение табл. 15

Марка	Механические свойства						Физические свойства			Технологические свойства		
	σ_T	$\sigma_в$	δ	ψ	$a_н$ в кГм/см²	HB	γ в Г/см³	λ в кал/см × × сек·град	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
	в кГ/мм²		в %									
Деформируемая оловянная бронза												
Бр.ОФ-6,5-0,15	—	35	70	—	—	70	8,7	0,16	17,5	В	—	В
Бр.ОФ-6,5-0,4	20—25	35—45	60—70		5—6	70—90	8,65—8,8	0,15—0,2	17,1	Н		
Бр.ОФ-7-0,2	23,0	36,0	64,0	50,0	17,8	75,0	8,77—8,8	0,18	17,5			
Бр.ОФ4-0,25	—	34,0	52,0	—	—	55—70	8,9	0,2	17,6			
Бр.ОЦ4-3	6,5	35,0	40,0		4,0	60,0	8,8		18,0	—		—
Бр.ОЦС-4-4-2,5	13,0	30—35	35—45	34,0	2,0		8,79		18,2	ВВ		В
Бр.ОЦС-4-4-4		31,0	46,0	31,0	3,65	62,0	8,86	—	18,3			
Безоловянная бронза												
Бр.А5	16,0	38,0	65,0	70,0	11,0	60,0	8,2	0,25	18.2	Н	В	В
Бр.А7	—	42,0	70,0	75,0	15,0	70,0	7,8	0.19	17.8			
Бр.АЖ9-4	22,0	60,0	40,0	33,0	8,0	110.0	7,5	0,14	16,2			
Бр.Ж9-4Л	—	—	—	—	—	—						
Бр.АЖН-10-4-4		60,0	35,0	45,0	4,2	140—160	8,2	0,12	17,1			
Бр.АЖН-10-4-4Л	60,0	65,0				—						
Бр.АЖН11-6-6	40,0	48,0	30,0	2—3	7,2	260,0	8,1	0,152	14.9			
Бр.АМц9-2	30,0	40,0	25,0	40,0		160,0	7,6	0,17	17,0			

Продолжение табл. 15

Марка	Механические свойства						Физические свойства			Технологические свойства		
	σ_T	$\sigma_в$	δ	ψ	$a_н$ в $кГм/см^2$	HB	γ в $Г/см^3$	λ в $кал/см \times$ $\times$ $сек \cdot град$	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
	в $кГ/мм^2$		в %									
Бр.АМц10-2	—	—	—	—			7,6	0,17	17,0		В	
Бр.АМц10-3-1,5	19,0	61,0	32,0	55,0	—	—	7,55	0,10	20,0	Н		
Бр.КМц3-1	54,0	—		—		90,0	8,4		15,8			В
Бр.КН1-3	52,0	60,0	—	28,0	4—10	150—200	8,6	—	18,0			
Бр.С30	4,8	7,6	5,0	—	0,56	25,0	9,54	0,34	18,4	В	—	
Бр.Мц5	—	30,0	40,0	50,0	—	80,0	8,6	0,26	—			П
Бр.Б2	35,0	—	—	—	6,7	140,0	8,23	0,20	17,0			В
МКд	—	40,0	20,0		—	—	8,9	—		—		—
Медноникелевые конструкционные сплавы												
МНЖ5-1		24—28	45—55			35—50	8,76	0,115	13,7	—		—
МНА13-3		70,0	7,0			75,0	8,5					
МНА6-1,5		36,0	35—40			60—70	8,7	—	—	В		
МН 19		35,0	35,0				8,9	0,092	16,0	У		В
МНЦ15-20	—	40,0	45,0	—	—	70,0	8,7	0,06—0,085	16,6	Н	—	
МНЦС17-18-1,8			40,0			—	8,82	—	—	У		
МНЖМц30-0,8-1		38,0	40—50			70,0	8,9	0,089	16,0	Н		—

16. Механические, физические и технологические свойства баббитов

Марка материала	Механические свойства						Физические свойства				Технологические свойства		
	σ_T в кГ/мм²	$\sigma_в$ в кГ/мм²	δ в %	ψ в %	$a_н$ в кГм/см²	HB	γ в Г/см³	$t_{пл}$ в °С	λ в кал/см × × сек·град	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Жидкотекучесть в см	Коэффициент трения со смазкой	Коэффициент трения без смазки
Б83	6,7	9,0	6,0	1,3	1,07	30,0	7,38	240—370	0,08	23,0	73,0	0,005	0,28
Б89	6,2	8,0	10,6	13,6	3,0	24,3	7,3	240—350	0,092	23,2	—	—	—
Б91	—		7,0	—	—	22,0	7,34	—	—	—			
Б93	5,3	6,7	20,5	24,0		14,0	—						
Б93А	4,8	5,9	14,0	29,3		16,1							
БС6	—	6,7	12,7	—		16,9							
Б6		6,8	0,2		0,15	32,0	9,6	232—416	0,05	28,0		0,005	
БТ	5,8	8,0	1,8	0,5	0,44	22,0		240—410	—	—		0,009	0,38
БН	6,0	7,0	1,7	0,4	0,44	29,0	9,55	240—400	—	—	63,0	0,006	0,27
Б16	—	7,8	0,2	—	0,14	30,0	9,29	240—410	0,06	24,0	54,0	0,006	0,25
БС		4,2	0,6		0,15	20,0	10,1	—	0,05	26,0	79,0	0,007	0,24
БК2		9,3	8,1		0,17	19,7	10,3		—	—	—	—	—
БК		10,0	2,5		0,80	32,0	10,5		0,05	36,0		0,004	0,44
БС2		6,1	4,8	12,1		18,0	—		—	—		0,06	—

17. Механические, физические и технологические свойства титана и сплавов на его основе

Марка материала	Механические свойства						Физические свойства			Технологические свойства		
	σ_T	$\sigma_в$	δ	ψ	$a_н$ в $кГ \cdot м/см^2$	HB	γ в $Г/см^3$	λ в $кал/см \times сек \cdot град$	$\alpha \cdot 10^{-6}$	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
	в $кГ/мм^2$		в %									
ВТ 1-00	—	30—45	25	—	—	—	4,51	0,036	—	—	—	У
ВТ 1-0		40—55										
ВТ 1-1		45—60										
ВТ 1-2		55—20	20									
АТ-3		70—85	16									
АТ-4		85—100	14									
ВТ-3	85—105	95—115	10—16	25—40	3—6	27—36	4,46	0,017	8,4			Н
ВТ3-1	85—110	95—120					4,5	0,019	8,6		Н	
ВТ 4	70—80	80—90	15—22	20—30	—	—	4,6	0,02—0,03	8,5	У	У	
ОТ 4	55—65	70—85	15—40	25—55	3,5—6,5	60—70	4,55	0,02	8,0	—	В	У
ОТ4-1	—	67	15	—	—	—	4,5	0,023				—
ВТ 5	70—85	80—95	12—25	30—45	3—6			0,018		У		Н
ВТ5-1	—	85	18	—	—		—	—	—	—		—
ВТ 6	80—90	90—100	8—13	30—45	4—8	320—360	4,43	0,018	8,41	У		Н
ВТ 8	95—110	105—118	9—15	30—55	3—6	310—350	4,47	0,017	8,4	—	Н	—

Латунь делится на двойную (простую), содержащую только медь и цинк, и многокомпонентную латунь (специальную), содержащую, кроме меди и цинка, алюминий, железо, марганец и др.

Баббиты (табл. 16) — это мягкие антифрикционные сплавы на оловянной и свинцовой основе (ГОСТ 1320—55) и на свинцово-кальциевой основе (ГОСТ 1209—59). Они предназначены для заливки вкладышей подшипников.

Титан и сплавы на его основе (табл. 17). Титан после алюминия, железа и магния является наиболее распространенным элементом земной коры. Распространенным промышленным способом получения первичного (губчатого) титана является восстановление его из четыреххлористого титана при помощи металлического магния или натрия. Первичный титан, представляет собой пористую массу, служит для дальнейшей переплавки в специальных печах под высоким вакуумом или в атмосфере нейтральных газов для получения компактного титана.

МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ

Металлокерамические твердые сплавы (табл. 18) — группа сплавов, полученных методом порошковой металлургии из высокотвердых карбидов, сцементированных металлом — связкой. Они подразделяются на следующие группы:

вольфрамовые твердые сплавы, структура которых состоит из зерен карбида вольфрама, сцементированных кобальтом;

титано-вольфрамовые твердые сплавы, структура которых состоит из зерен твердого раствора карбида вольфрама в карбиде титана и избыточных зерен карбида вольфрама, сцементированных кобальтом, или только зерен твердого раствора карбида вольфрама в карбиде титана, сцементированных кобальтом;

титано-тантало-вольфрамовые твердые сплавы, структура которых состоит из зерен твердого раствора (Ti, Ta, W) C карбид титана — карбид, тантала — карбид, вольфрама и избыточных зерен карбида вольфрама, сцементированных кобальтом.

СОРТАМЕНТ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Сортамент стали приведен в табл. 19—30, цветных металлов — в табл. 31—42, а основные виды полуфабрикатов изделий из алюминия и сплавов на его основе — в табл. 43.

18. **Механические и физические свойства метвллокерамических твердых сплавов** (ГОСТ 3882—67)

Марка	σ_u в $кГ/мм^2$	*HRA*	γ в $Г/см^3$
	Вольфрамовые		
ВК2	110	90	15,0—15,4
ВК3	100	89	15,0—15,3
ВК3М	110	91	
ВК4	135	89,5	14,9—15,1
ВК4В	140	88,0	14,9—15,0
ВК6М	135	90	14,8—15,1
ВК6	145	88,5	14,6—15,0
ВК6В	150	87,5	
ВК8	160		14,4—14,8
ВК8В	170	86,5	
ВК10	160	87	14,2—14,6
ВК15	180	86	13,9—14,1
ВК20	190	84,5	13,4—13,7
ВК25	200	83	12,9—13,2
	Титвно-вольфрамовые		
Т30К4	90	92	9,5—9,8
Т15К6	115	90	11,0—11,7
Т14К8	125	89,5	11,2—12,0
Т5К10	135	88,5	12,3—13,2
Т5К12В	160	87	12,8—13,3
	Титано-твитало-вольфрвмовые		
ТТ7К12	160	87	13,0—13,3
ТТ10К8Б	140	89	13,5—13,8

19. Проволока стальная

Диаметр проволоки в *мм*	Допускаемые отклонения по диаметру в *мм*
Проволока низкоуглеродистая качественная (ГОСТ 792—67)*	
0,5	±0,03
0,8; 1,0	+0,04 −0,03
1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,6; 3,0	±0,06
3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0	±0,08
Проволока холоднотянутая из конструкционной низкоуглеродистой стали (ГОСТ 1798—49*)	
0,4; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,65	−0,04
0,70; 0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95	−0,045
1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 2,8; 3,0	−0,06
3,2; 3,5; 3,8; 4,0; 4,2; 4,5; 4,8; 5,0; 5,5; 6,0;	−0,08
6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0	−0,10
Проволока из конструкционной среднеуглеродистой стали (ГОСТ 1982—50*)	
0,3	−0,035
0,35; 0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9	−0,04
1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4	−0,06
1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0	−0,07
3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0	−0,08
7,0	0,10

Диаметр проволоки в *мм*	Допускаемые отклонения по диаметру в *мм*
Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения (ГОСТ 3282—46)	
0,16; 0,18	−0,02
0,20; 0,22; 0,25; 0,28; 0,30	−0,03
0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60	−0,04
0,7; 0,8; 0,9	−0,08
1,0; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0	−0,12
3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0	−16
7,0; 8,0; 9,0; 10,0	−0,20
Проволока пружинная стальная углеродистая*[1] (ГОСТ 9389—60*)	
0,14; 0,15; 0,16; 0,18; 0,20; 0,22; 0,25; 0,28; 0,30	±0,01 (+0,02 −0,15)
0,32; 0,36; 0,40; 0,45; 0,50; 0,56; (0,6)	+0,015 −0,01 (±0,02)
0,63; 0,70 (0,75); 0,80 (0,85); 0,9; 1,0	+0,02 −0,01 (+0,03 −0,02)
1,1; 1,2; (1,3); (1,4); (1,5); 1,6; (1,7); 1,8; 2,0; 2,2; (2,3); 2,5; 2,8; 3,0	±0,02 (±0,03)
3,2; (3,4); (3,5); 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,0	+0,03 −0,02 (±0,04)
6,3; 7,0; 8,0	±0,03 (±0,05)
Проволока стальная пружинная термически обработанная (ГОСТ 1071—67)	
1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,3; 2,5; 2,75; 3,0	±0,03
3,2; 3,4; 3,5; 3,6; 3,75; 4,0; 4,1; 4,2; 4,5; 4,8; 5,0; 5,5	±0,04

* Данные приведены для светлой проволоки КС.

*[1] Допускаемые отклонения указаны для групп точности ГТ3а, в скобках для ГТ4 (ГОСТ 2771—57).

П р и м е ч а н и е. Помимо указанных, имеются ГОСТы на проволоку специального назначения: проволока круглая холоднотянутая диаметром от 0,005 до 16,0 *мм* (ГОСТ 2771—57); проволока из высоколегированной коррозионностойкой и жаростойкой стали диаметром от 0,2 до 6,0 *мм* (ГОСТ 5548—50*); проволока кардная диаметром от 0,2 до 0,8 *мм* (ГОСТ 3875—59); проволока стальная углеродистая для холодной высадки от 1 до 16 *мм* (ГОСТ 5663—51).

20. Лента стальная

Толщина ленты в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине ленты *1 в *мм* (Н)	(П)	(В)	Ширина ленты в *мм*	Допускаемые отклонения по ширине ленты *1 в *мм* (Н)	(П)	(В)
Лента стальная горячекатаная (ГОСТ 6009—57*)							
1,2; 1,4; (1,6); 1,6; (1,7); 1,8; 2,0; 2,2	+0,15 −0,20	—	—	20; 22; 26; 28; 30; 32; 36; 40; 45; 50	+0,8 −1,0	—	—
2,6; 2,8				20; 22; 25; 28; 30; 32; 36; 40; 46; 50; 56			
				60; 63; от 65 до 100 *мм* через 6 *мм*	+1,5% −2,0% ширины		
	+0,20 −0,25			105; 110; 120; 125; от 130 до 150 *мм* через 10 *мм*			
3,0; 3,2; 3,5; 3,8	+0,15 −0,20			20; 22; 25; 28; 30; 32; 36 40; 45; 50; 56	+0,8 −1,0		
				60; 63; от 65 до 110 через 5 *мм*; 120; 125; от 130 до 150 через 10 *мм*	+1,6% −2,0% ширины		
	+0,25 −0,30			От 160 до 200 через 10 *мм*			
Лента стальная низкоуглеродистая холоднокатаная (ГОСТ 503—67)							
0,05; 0,06; 0,07; 0,08	−0,015	−0,010	—	От 4 до 30 *мм* через 1 *мм*; от 32 до 42 *мм* через 2 *мм*; 45; 48; 50; 52; 54; 55; 56; 60; 63; 65; 66; 70; 75; 80; 85; 86; 90; 95; 100; 105; 110; 112; 114; 115; 120; 125	−0,3	−0,2	—
0,09; 0,10; 0,11; 0,12; 0,15	−0,02	−0,015	−0,010				
0,18; 0,20; 0,22; 0,25	−0,03	−0,02	−0,015				
0,28; 0,30; 0,32; 0,35; 0,40	−0,04	−0,03	−0,02	130; 135; 140; 142; от 145 до 200 *мм* через 6 *мм*; 220; 230; 235; 240; 250	−0,5	−0,25	—
0,45; 0,50; 0,55; 0,57; 0,60	−0,06	−0,04	−0,025	От 260 до 320 *мм* через 10 *мм*; 325		−0,3	

Продолжение табл. 20

Толщнна ленты в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине ленты *1 в *мм*			Шнрнна ленты в *мм*	Допускаемые отклонения по шнрине ленты *1 в *мм*		
	(Н)	(П)	(В)		(Н)	(П)	(В)
0,65; 0,70	—0,05	—0,04	—0,025	От 4 до 30 *мм* через 1 *мм*; от 32 до 42 *мм* через 2 *мм*; 45; 48; 50; 52; 54; 55; 56; 60; 63; 65; 66; 70; 75; 80; 85; 86; 90; 95; 100; 105; 110; 112; 114; 115; 120; 125	—0,4	—0,25	—
0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95	—0,07	—0,05	—0,030	130; 135; 140; 142; от 145 до 200 через 5 *мм*; 210; 220; 230; 235; 240; 250	—0,6	—0,3	
1,0	—0,09	—0,06	—0,04	От 260 до 320 *мм* через 10 *мм*; 325		—0,4	
От 1,05 до 1,35 *мм* через 0,05 *мм*	—0,09	—0,06	—0,04	От 4 до 30 *мм* через 1 *мм*; от 32 до 42 *мм* через 2 *мм*; 45; 48; 50; 52; 54; 56; 60; 63; 65; 66; 70; 75; 80; 85; 86; 90; 95; 100; 105; 110; 112; 114; 115; 120; 125	—0,5	—0,4	—
От 1,40 до 1,75 *мм* через 0,05 *мм*	—0,11	—0,08	—0,05				
1,8; 1,85; 1,9; 1,95; 2,0; 2,1; 2,2; 2,25; 2,3	—0,13	—0,10	—0,6	130; 135; 140; 142; от 145 до 200 *мм* через 5 *мм*; 210; 230; 235; 240; 250	—0,7	—0,6	
2,4; 2,45; от 2,5 до 3,00 *мм* через 0,1 *мм*	—0,16	—0,12	—0,08				
От 3,1 до 3,6 *мм* через 0,1	—0,20	—0,16	—0,10	От 260 до 320 *мм* через 10 *мм*; 325	—0,8	—0,6	

Продолжение табл. 20

Толщина ленты в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине ленты *1 в *мм*			Ширина ленты в *мм*	Допускаемые отклонения по ширине ленты *1 в *мм*		
	(Н)	(П)	(В)		(Н)	(П)	(В)
Лента холоднокатаная из конструкционной стали (ГОСТ 2284—43 *)							
0,10; 0,12; 0,15	—0,02	—0,015	—	4—40	—0,3	—0,2	—
0,18; 0,20; 0,22; 0,25	—0,03	—0,02		4—80			
0,28; 0,30; 0,35; 0,40	—0,04	—0,03		4—85			
0,45; 0,50	—0,05	—0,04		5—85			
0,55; 0,60				6—85	—0,4	—0,3	—
0,65; 0,70				8—90			
0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95;	—0,07	—0,05					
1,0	—0,09	—0,06		10—200			
От 1,05 до 1,35 *мм* через 0,05 *мм*							
От 1,4 до 1,75 *мм* через 0,05—*мм*	—0,11	—0,08		12—200	—0,6	—0,4	—
1,8; 1,85; 1,90; 1,95; от 2 до 2,3 *мм* через 0,1 *мм*	—0,13	—0,10					
От 2,4 до 3,0 *мм* через 0,1 *мм*	—0,16	—0,12					

Продолжение табл. 20

Толщина ленты в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине ленты *1 в *мм* (Н)	(П)	(В)	Ширина ленты в *мм*	Допускаемые отклонения по ширине ленты *1 в *мм* (Н)	(П)	(В)
Лента прямоугольная холоднокатаная инструментальная (ГОСТ 1543—42*)							
0,10; 0,12; 0,15; 0,18	±0,03	—	—	От 4 до 20 *мм* через 1 *мм*; 22; 25	±1,0	—	—
0,20; 0,22; 0,25; 0,28; 0,30; 0,32; 0,35; 0,38; 0,40; 0,45; 0,50	±0,04			28; 30; 32; 35; 38; 40; 42; 45; 48; 50	+2,0 —1,0		
0,55; 0,60	±0,05						
От 0,65 до 0,90 *мм* через 0,05 *мм*	±0,06			55; 58; 60; 62; 65; 68; 70	+3,0 —2,0		
0,95; 1,0; 1,05; 1,1	±0,07						
1,2; 1,3	±0,08						
От 1,4 до 1,8 *мм* через 0,1 *мм*	±0,11						
2,0; 2,5	±0,15						

Продолжение табл. 20

Толщина ленты в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине ленты *1 в *мм*			Ширина ленты в *мм*	Допускаемые отклонения по ширине ленты *1 в *мм*		
	(Н)	(П)	(В)		(Н)	(П)	(В)
Лента стальная пружинная термически обработанная холоднокатаная и плющеная (ГОСТ 2614—65) *1							
0,05; 0,055; 0,06; 0,07; 0,08	—0,015	—0,010	—0,008	3,0—40	—0,3	—0,2	—0,1
0,09	—0,02	—0,015	—0,010				
0,10; 0,11; 0,12; 0,13; 0,14; 0,15	—0,02	—0,015	—0,010	3,0—100			
0,16; 0,18; 0,20; 0,22; 0,24; 0,25	—0,03	—0,02	—0,015				
0,26; 0,28; 0,30; 0,32; 0,35; 0,36; 0,40 0,32; 0,35; 0,36; 0,40	—0,04	—0,03	—0,02	3,5—100 4,5—100			
0,45; 0,5	—0,05	—0,04	—0,03	6—100			
0,55; 0,60				7—100			
0,63; 0,70				9—100	—0,4	—0,3	—0,15
0,80; 0,90	—0,07	—0,05	—0,04				
1,0	—0,09	—0,06	—0,05	10—100	—0,5	—0,4	—0,3
1,1							
1,2	—0,11	—0,08	—0,06				

*1 Данные приведены для холоднокатаной ленты.

Примечания: 1. По ГОСТу 2284—43 выпускается лента шириной 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14; 15; 16; 18; 20; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 35; 36; 38; 40; 42; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 100; 110; 120; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200 *мм*.

2. По ГОСТу 2614—65 выпускается холоднокатаная лента шириной 3,0; 3,5; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0; 14,0; 15,0; 16,0; 18,0; 20,0; 22,0; 25; 28; 30; 32; 35; 36; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 74; 76; 80; 83; 90; 100 *мм*.

21. Сталь прокатная толстолистовая (ГОСТ 5681—57*)

Толщина листов в *мм*	Ширина листов в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине при ширине листов в *мм*											Длина листов в *мм*
		От 600 до 1000	Св. 1000 до 1200	Св. 1200 до 1500	Св. 1500 до 1700	Св. 1700 до 1800	Св. 1800 до 2000	Св. 2000 до 2300	Св. 2300 до 2500	Св. 2500 до 2600	Св. 2600 до 2800	Св. 2800 до 3000	
4; 4,5	600; 710; 1000; 1250; 1400; 1500; 1600	±0,4	+0,5 —0,4	+0,6 —0,4	+0,6 —0,4	—		—					2000; 2500; 2800; 3500; 4200; 4500; 5000; 5500; 6000; 6500; 7000; 7500
5; 5,5	1250; 1400; 1500; 1600 1700	+0,3 —0,5	+0,4 —0,5	±0,5	±0,5	+0,7 —0,5	—	—					2500; 2800; 3500; 4200; 4500; 5000; 5500; 6000; 6500; 7000; 7500; 8000
6; 7	1250; 1400; 1500; 1600; 1700; 1800	+0,3 —0,6	+0,4 —0,6	+0,4 —0,6	+0,5 —0,6	+0,7 —0,6	+0,9 —0,6	—					
8	1250; 1400; 1500; 1700; 1800; 1900; 2000; 2200	+0,2 —0,8	+0,3 —0,8	+0,3 —0,8	+0,4 —0,8	+0,6 —0,8	±0,8	+0,9 —0,8	+1,0 —0,8	—			2800; 3500; 4200; 4500; 5000; 5500; 6000; 6500; 7000; 7500; 8000
9; 10	1250; 1400; 1500; 1600; 1700; 1800; 1900; 2000; 2100; 2200												

Продолжение табл. 21

Толщина листов в *мм*	Ширина листов в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине при ширине листов в *мм*											Длина листов в *мм*
		От 600 до 1000	Св. 1000 до 1200	Св. 1200 до 1500	Св. 1500 до 1700	Св. 1700 до 1800	Св. 1800 до 2000	Св. 2000 до 2300	Св. 2300 до 2500	Св. 2500 до 2600	Св. 2600 до 2800	Св. 2800 до 3000	
11	1250; 1400; 1500; 1600; 1700; 1800 1900; 2000; 2100; 2200; 2300	+0,2 −0,8	+0,3 −0,8	+0,3 −0,8	+0,4 −0,8	+0,6 −0,8	±0,8	+0,9 −0,8	+1,0 −0,8	+1,2 −0,8	+1,3 −0,8	+1,4 −0,8	—
12; 13; 14; 15	1400; 1500; 1600; 1700; 1800; 1900; 2000; 2100; 2200; 2300;												4200; 4500; 5000; 5500; 6000; 6500; 7000; 7500; 8000
16; 17; 18; 19; 20	1400; 1500; 1600; 1700; 1800; 1900; 2000; 2100; 2200; 2300; 2400	+0,2 −0,8	+0,3 −0,8	+0,3 −0,8	+0,4 −0,8	+0,6 −0,8	±0,8	+0,9 −0,8	+1,0 −0,8	+1,2 −0,8	+1,3 −0,8	+1,4 −0,8	4500; 5000; 5500; 6000; 6500; 7000; 7500; 8000
21; 22; 24; 25	1400; 1500; 1600; 1700; 1800; 1900; 2000; 2100; 2200; 2300; 2400; 2500												
26; 28; 30		+0,2 −0,9	+0,3 −0,9	+0,3 −0,9	+0,4 −0,9	+0,6 −0,9	+0,8 −0,9	±0,9	+1,0 −0,9	+1,2 −0,9	+1,3 −0,9	+1,4 −0,9	

Продолжение табл. 21

Толщина листов в *мм*	Ширина листов в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине при ширине листов в *мм*											Длина листов в *мм*
		От 600 до 1000	Св. 1000 до 1200	Св. 1200 до 1500	Св. 1500 до 1700	Св. 1700 до 1800	Св. 1800 до 2000	Св. 2000 до 2300	Св. 2300 до 2500	Св. 2500 до 2600	Св. 2600 до 2800	Св. 2800 до 3000	
32	1400; 1500; 1600; 1700; 1800; 1900; 2000; 2100; 2200; 2300; 2400; 2500	+0,3 −1,0	+0,3 −1,0	+0,4 −1,0	+0,5 −1,0	+0,6 −1,0	+0,8 −1,0	±1,0	+1,1 −1,0	+1,3 −1,0	+1,4 −1,0	+1,5 −1,0	4500; 5000; 5500; 6000; 6500; 7000; 7500; 8000
34	1500; 1600; 1700; 1800; 1900; 2000; 2100; 2200; 2300; 2400; 2500; 2600												
36; 38; 40		+0,4 −1,1	+0,4 −1,1	+0,5 −1,1	+0,6 −1,1	+0,7 −1,1	+0,9 −1,1	+1,0 −1,1	+1,2 −1,1	+1,3 −1,1	+1,4 −1,1	+1,5 −1,1	
42; 45; 48; 50		+0,5 −1,2	+0,6 −1,2	+0,7 −1,2	+0,8 −1,2	+0,9 −1,2	+1,1 −1,2	±1,2	+1,4 −1,2	+1,5 −1,2	+1,6 −1,2	+1,7 −1,2	
53; 56; 60		+0,7 −1,3	+0,8 −1,3	+0,9 −1,3	+1,0 −1,3	+1,1 −1,3	±1,3	±1,4 −1,3	±1,5 −1,3	±1,6 −1,3	±1,7 −1,3	±1,8 −1,3	
63	1500; 1600; 1700; 1800; 1900; 2000; 2100; 2200; 2300; 2400; 2500; 2600; 2700; 2800; 2900; 3000	+0,9 −1,6	+1,0 −1,6	+1,1 −1,6	+1,2 −1,6	+1,3 −1,6	+1,4 −1,6	+1,5 −1,6	±1,6	+1,7 −1,6	+1,8 −1,7	+1,9 −1,8	4000; 4500; 5000; 5500; 6000; 6500; 7000
65; 70		+0,9 −1,8	+1,0 −1,8	+1,1 −1,8	+1,2 −1,8	+1,3 −1,8	+1,4 −1,8	+1,5 −1,8	+1,6 −1,8	+1,7 −1,9	+1,8 −2,0	+1,9 −2,0	

Продолжение табл. 21

Толщина листов в *мм*	Ширина листов в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине при ширине листов в *мм*											Длина листов в *мм*
		От 1500 до 1600	Св. 1600 до 1800	Св. 1800 до 2000	Св. 2000 до 2200	Св. 2200 до 2400	Св. 2400 до 2600	Св. 2600 до 2800	Св. 2800 до 3000	Св. 3000 до 3200	Св. 3200 до 3400	Св. 3400 до 3600	
75; 80	1500; 1600; 1700; 1800; 1900; 2000; 2100; 2200; 2300; 2400; 2500; 2600; 2700; 2800; 2900; 3000	+1,0 —2,2	+1,1 —2,2	+1,2 —2,2	+1,3 —2,2	+1,4 —2,2	+1,5 —2,2	+1,6 —2,2	+1,7 —2,2	+1,8 —2,2	+1,9 —2,3	+2,0 —2,3	4000; 4500; 5000; 5500; 6000; 6500; 7000
85; 90		+1,1 —2,5	+1,2 —2,5	+1,3 —2,5	+1,4 —2,5	+1,5 —2,5	+1,6 —2,5	+1,7 —2,5	+1,8 —2,5	+1,9 —2,5	+2,0 —2,6	+2,1 —2,6	
95		+1,2 —2,7	+1,3 —2,7	+1,4 —2,7	+1,5 —2,7	+1,6 —2,7	+1,7 —2,7	+1,8 —2,7	+1,9 —2,7	+2,0 —2,7	+2,1 —2,8	+2,2 —2,8	
100		+1,4 —3,1	+1,5 —3,1	+1,6 —3,1	+1,7 —3,1	+1,8 —3,1	+1,9 —3,1	+2,0 —3,1	+2,1 —3,1	+2,2 —3,1	+2,3 —3,2	+2,4 —3,2	4000; 4500; 5000; 5500; 6000
105; 110													
120; 125		+1,7 —3,5	+1,8 —3,5	+1,9 —3,5	+2,0 —3,5	+2,1 —3,5	+2,2 —3,5	+2,3 —3,5	+2,4 —3,5	+2,5 —3,5	+2,6 —3,6	+2,7 —3,6	4000; 4500; 5000; 5500; 6000
130		+1,9 —3,8	+2,0 —3,8	+2,1 —3,8	+2,2 —3,8	+2,3 —3,8	+2,4 —3,8	+2,5 —3,8	+2,6 —3,8	+2,7 —3,9	+2,8 —4,0	+2,9 —4,0	
140													3500; 4000; 4500; 5000
150; 160		+2,2 —4,2	+2,3 —4,2	+2,4 —4,2	+2,5 —4,2	+2,6 —4,2	+2,7 —4,3	+2,8 —4,3	+2,9 —4,4	+3,0 —4,4	+3,1 —4,5	+3,2 —4,5	

22. Сталь прокатная тонколистовая [*1] **(ГОСТ 3680—57*)**

Толщина листов в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине в *мм*				Длина при ширине в *мм*				
	Качественная холоднокатаная (высокая точность)	Обыкновенного качества и качественная							
		Холодно- и горячекатаная (повышенная точность)	Горячекатаная (обычная точность) шириной						
			До 1000	От 1000	600	710	750	800	1000
Листы холоднокатаные									
0,2; 0,25; 0,3; 0,4	±0,03	—	—	—	1200	1420	1500	—	—
0,5	±0,04	±0,05			1200 2000			1500	1500 2000
0,55; 0,6	±0,05	±0,06							
0,7; 0,75	±0,06	±0,07							1500 2000 2200 2500
0,8; 0,9	±0,06	±0,08				1420 2000	1500 2000	1500 2000	2000 2200 2500 2800 3000
1,0; 1,1	±0,07	±0,09			1420 2000				
1,2	±0,09	±0,11							
1,4	—0,10	±0,12							
1,5	±0,11								
1,6; 1,8	±0,12	±0,14							
2,0	±0,13	±0,15							
2,2	±0,14	±0,16							—
2,5	±0,15	±0,17							
2,8; 3,0	±0,16	±0,18							
3,2; 3,5	±0,18	±0,20							
3,8; 3,9	±0,20	±0,22							

[*1] Для всех толщин листов, указанных в таблице, допускаемое отклонение составляет: по ширине листов до 800 *мм* + 6 *мм*, св. 800 *мм* +10 *мм*; по длине листов до 1500 *мм* +10 *мм*, св. 1500 *мм* + 15 *мм*.

Продолжение табл. 22

Толщина листов в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине в *мм*: Качественная холоднокатаная (высокая точность)	Обыкновенного качества и качественная: Холодно- и горячекатаная (повышенная точность)	Горячекатаная (обычная точность) шириной: До 1000	От 1000	Длина при ширине в *мм*: 600	710	750	800	1000
Листы горячекатаные									
0,5	—	±0,05	±0,07	±0,07	1200 1420	1420	—	—	—
0,55; 0,6		±0,06	±0,08	±0,08					
0,7; 0,75		±0,07	±0,09	±0,09					
0,8; 0,9		±0,08	±0,08	±0,10			1500	1500	1900 2000 2200 2500 2800 3000
1,0; 1,1		±0,09	±0,12	±0,12					
1,2		±0,11	±0,13	±0,13					
1,4; 1,5		±0,12	±0,15	±0,15					
1,6; 1,8		±0,14	±0,16	±0,16					
2,0		±0,15	±0,15 —0,18	±0,18	1420 2000	1420 2000	1500 2000	1500 2000	2000 2200 2500 2800 3000
2,2		±0,16	+0,15 —0,19	±0,19					
2,5		±0,17	+0,16 —0,20	±0,20					
2,8 3,0		±0,18	+0,17 —0,22	±0,22					2000 2200 2500 2800 3000 3500
3,2; 3,5		±0,20	+0,18 —0,25	±0,25					
3,8; 3,9		±0,22	+0,20 —0,30	±0,30					

23. Сталь тонколистовая кровельная, оцинкованная и декапированная [1] (ГОСТ 8075—56*)

Толщина листов в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине (±) в *мм*	Ширина × длину в *мм*
0,25	0,04	510×710
0,28		
0,32		510×710
0,35		710×1420
0,40		510×710; 510×1420; 670×1420 710×1420; 750×1500; 600×2000 710×2000; 750×2000
0,45		
0,50		
0,55	0,05	
0,63		
0,70	0,06	510×710; 510×1420; 670×1420 710×1420; 750×1500; 600×2000 710×2000; 750×2000 1000×2000; 1250×2500
0,75		
0,80		
0,90	0,06	710×1420; 750×1500; 600×2000; 710×2000; 750×2000; 1000×2000; 1000×2500; 1250×2500
1,0; 1,12	0,07	710×1420; 750×1500; 600×2000; 710×2000; 750×2000; 900×1800; 900×2000; 1000×1800; 1000×2000; 1000×2500; 1250×2500
1,25	0,09	
1,40	0,11	
1,50		710×1420; 750×1500; 900×1500; 900×1800; 900×2000; 1000×1500; 1000×1800; 1000×2000; 1000×2000; 1000×2500; 1250×2500
1,60		710×1420; 750×1500; 600×2000; 710×2000; 1000×2000; 1250×2500; 1400×2000; 1400×2500; 1400×3000; 1500×2000; 1500×2500; 1500×3000
1,80	0,12	
2,0	0,13	

[1] Для всех толщин листов, указанных в таблице, допускаемое отклонение составляет по ширине листа +5 *мм* и по длине листа +10 *мм*.

24. Сталь прокатная полосовая (ГОСТ 103—57*)

Толщина полосы в *мм*	Ширина полосы в *мм*
4; 5; 6; 7; 8	12; 14
4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 12	16
4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	18
4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12	20; 22
4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16	25; 28
4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20	30; 32; 36
4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32	40
4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 36	45; 50; 56
4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 36; 40; 45	60; 63; 65; 70; 75
4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 36; 40; 45; 50; 56	80
4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 36; 40; 45; 50; 56; 60	85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200

25. Допускаемые отклонения по толщине прокатной полосовой стали (ГОСТ 103—57*)

Толщина полосы в *мм*	Допускаемое отклонение в *мм*	Толщина полосы в *мм*	Допускаемое отклонение в *мм*	Толщина полосы в *мм*	Допускаемое отклонение в *мм*
4—6	+0,3 —0,5	22	+0,2 —0,8	40	+0,2 —1,6
7—16	+0,2 —0,5	25	+0,2 —1,0	45—50	+0,3 —2,0
18	+0,2 —0,6	28—32	+0,2 —1,2	56—60	+0,3 —2,4
20	+0,2 —0,7	36	+0,2 —1,4	—	—

26. Допускаемые отклонения по ширине прокатной полосовой стали (ГОСТ 103—57*)

Ширина полосы в *мм*	Допускаемое отклонение в *мм*	Ширина полосы в *мм*	Допускаемое отклонение в *мм*	Ширина полосы в *мм*	Допускаемое отклонение в *мм*
12—50	+0,5 −1,0	90 и 95	+0,9 −1,8	150	+1,3 −3,0
56,0	+0,5 −1,1	100 и 105	+1,0 −2,0	160	+1,4 −3,2
60,0	+0,5 −1,2	110	+1,0 −2,2	170 и 180	+1,5 −3,6
63 и 65	+0,5 −1,3	120 и 125	+1,1 −2,4	190 и 200	+1,7 −4,0
70 и 75	+0,5 −1,4	130	+1,2 −2,6	—	—
80 и 85	+0,7 −1,6	140	+1,2 −2,8	—	—

Примечание. Полосы изготовляются немерной длины от 3 до 9 *м*; мерной длины с допускаемым отклонением +30 *мм* для полос длиной до 4 *м*; +50 *мм* для полос длиной свыше 4 *м* до 6 *м*; +70 *мм* для полос свыше 7 *м*.

27. Сталь горячекатаная круглая (ГОСТ 2590—57*), квадратная (ГОСТ 2591—57*) и шестигранная (ГОСТ 2879—69)

Размер *a* или *d* в *мм*	Допускаемые отклонения размеров в *мм* при точности прокатки: обычной	повышенной	Размер *a* или *d* в *мм*	Допускаемые отклонения размеров в *мм* при точности прокатки: обычной	повышенной
5; 5,6; 6; 6,3; 6,5; 7; 8; 9	+0,3 −0,5	+0,1 −0,3	80; 85; 90; 95	+0,5 −1,3	+0,4 −1,2
10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19		+0,2 −0,3	100; 105; 110	+0,6 −1,7	+0,5 −1,5
20; 21; 22; 24; 25	+0,4 −0,5	+0,2 −0,4	120; 125	+0,8 −2,0	+0,6 −1,8
26; 27; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48	+0,4 −0,7	+0,2 −0,6	130; 140; 150	+0,8 −2,0	+0,6 −2,0
50; 52; 55	+0,4 −1,0	+0,2 −0,9	160; 170; 180; 190; 200	+0,9 −2,5	Не устанавливается
60; 63; 65; 70; 75	+0,5 −1,1	+0,3 −1,0	210; 220; 240; 250	+1,2 −3,0	

Примечания: 1. *a* — сторона квадратной стали; *d* — диаметр круглой стали или диаметр круга, вписанного в шестиугольник для шестигранной стали.

2. Нормальная длина прутков стали обыкновенного качества при диаметре или стороне квадрата до 25 *мм* — 5—10 *м*; от 25 до 50 *мм* — 4—9 *м*; от 53 до 110 *мм* — 4—7 *м*; св. 110 *м* — 3—6 *м*. Нормальная длина прутков качественной стали всех размеров 2—6 *м*.

3. Сталь шестигранная горячекатаная выпускается размером *d* от 8 до 100 *мм*.

28. Сталь калиброванная круглая (ГОСТ 7417—57)

Номинальный диаметр в *мм*	Допускаемые отклонения по диаметру (—) в *мм* при классах точности					Допускаемая кривизна 1 *пог. м* для классов точности			
	2а	3	3а	4	5	2а	3	3а или 4	5
3,0	0,014	0,02	0,04	0,06	0,12	0,5	1,0	2,0	3,0
3,1; 3,2; 3,3; 3,4; 3,5; 3,6; 3,7; 3,8; 3,9; 4,0; 4,1; 4,2; 4,4; 4,5; 4,6; 4,8; 4,9; 5,0; 5,2; 5,3; 5,5; 5,6; 5,8; 6,0	0,018	0,025	0,048	0,08	0,16				
6,1; 6,3; 6,5; 6,7; 6,9; 7,0; 7,1; 7,3; 7,5; 7,8; 8,0; 8,2; 8,5; 8,8; 9,0; 9,2; 9,5; 9,8; 10,0	0,022	0,03	0,058	0,1	0,2				
10,2; 10,5; 10,8; 11,0; 11,2; 11,5; 11,8; 12,0; 12,2; 12,5; 12,8; 13,0; 13,5; 14,0; 14,5; 15,0; 15,5; 16,0; 16,5; 17,0; 17,5; 18,0	0,027	0,035	0,07	0,12	0,24				
18,5; 19,0; 19,5; 20,0; 20,5; 21,0; 21,5; 22,0; 23,0; 24,0; 25,0; 26,0; 27,0; 28,0; 29,0; 30,0	0,033	0,045	0,084	0,14	0,28				
31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41; 42; 44; 45; 46; 48; 49; 50	—	0,05	0,1	0,17	0,34		0,75	1,0	2,0
52; 53; 55; 56; 58; 60; 61; 63; 65		0,06	0,12	0,2	0,4				
67; 69; 70; 71; 73; 75; 78; 80		—	—			—	0,5		1,0
82; 85; 88; 90; 92; 95; 98; 100				0,23	0,46				

Примечание. Прутки изготовляются немерной длины от 2,5 до 6 *м*; мерной и кратной длины с допускаемым отклонением +30 *мм* при длине до 4 *м* и +50 *мм* при длине свыше 4 *м*.

29. Сталь калиброванная квадратная (ГОСТ 8559—57 *) и шестигранная (ГОСТ 8560—57 *)

Сторона квадрата или диаметр круга, вписанного в шестиугольник в *мм*	Допускаемое отклонение (—) для классов точности в *мм*			Сторона квадрата или диаметр круга, вписанного в шестиугольник в *мм*	Допускаемое отклонение (—) для классов точности в *мм*		
	3а	4	5		3а	4	5
3; 3,2; 4; 4,5; 5,5; 6	0,04	0,06	0,12	32; 34; 36; 38; 40; 41; 42; 45; 46; 48; 50	0,10	0,17	0,34
6,3; 7; 8; 9; 10	0,058	0,10	0,20	53; 55; 60; 63; 65	0,12	0,20	0,40
11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18	0,07	0,12	0,24	70; 75; 80			
19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 27; 28; 30	0,084	0,14	0,28	85; 90; 95; 100	—	0,23	0,46

Примечание. Прутки изготовляются немерной длины от 2,5 до 6 *м*, а также мерной и кратной ей длины с допускаемыми отклонениями: +30 *мм* при длине до 4 *м*; +50 *мм* при длине свыше 4 *м*.

30. Сталь круглая повышенной отделки поверхности и точности размеров (серебрянка) (ГОСТ 2589—44 *)

Диаметр в *мм*	Допускаемые отклонения (—) для классов точности в *мм*	
	3	4
0,2; 0,25; 0,30; 0,35; 0,45	0,015	0,050
От 0,5 до 3,0 через каждые 0,05 *мм*	0,020	0,060
От 3,05 до 6,0 через каждые 0,05 *мм*	0,025	0,080
От 6,1 до 10,0 через каждые 0,10 *мм*	0,030	0,100
От 10,25 до 15,0 через каждые 0,25 *мм*; 15,5; 16,0; 16,5; 17,0; 17,5; 18,0	0,035	0,120
18,5; 19,0; 19,5; 20,0; 21,0; 22,0; 23,0; 24,0; 25,0	0,045	0,14

Примечания: 1. Овальность прутков не должна превышать половины допуска по диаметру для соответствующего класса точности.
2. По длине прутки поставляются: при диаметре до 1 *мм* 0,5—1 *м*; от 1,05 до 3 *мм* 1—2 *м*; от 3,05 до 9 *мм* 1,5—2,5 *м*; свыше 9 *мм* 2—4 *мм*.
3. Серебрянка диаметром до 1,0 *мм* поставляется в мотках.

31. Ленты медные холоднокатаные общего назначения (ГОСТ 1173—70)

Толщина ленты в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине (—) при ширине ленты *¹ в *мм*			
	10—300		301—600	
	Н	П	Н	П
0,06; 0,055; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09	0,01	—	—	—
0,10; 0,12; 0,14	0,02			
0,15; 0,16; 0,18; 0,20; 0,22	0,03	0,02		
0,25; 0,28; 0,30	0,04	0,03	0,05	
0,35			0,06	
0,40; 0,45	0,05	0,04		
0,50	0,06		0,07	0,06
0,55; 0,60			0,08	0,07
0,65; 0,7		0,05		
0,75	0,07			

Толщина ленты в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине (—) при ширине ленты *¹ в *мм*			
	10—300		301—600	
	Н	П	Н	П
0,8; 0,85	0,07	0,06	0,09	0,08
0,9	0,08		0,10	
1,0; 1,1	0,09		0,11	0,10
1,2				
1,3; 1,4; 1,5		0,07	0,12	0,11
1,6; 1,7	0,1	0,08	0,14	0,13
1,8	0,11		0,15	0,14
1,9; 2,0		0,09		

*¹ Н — нормальная точность изготовления; П — повышенная точность изготовления.

Примечания: 1. Ленты толщиной 0,05 до 0,5 *мм* поставляются длиной не менее 20 *м*; от 0,55 до 1,0 длиной не менее 10 *м*; от 1,1 до 2,0 длиной не менее 7 *м*.
2. Материал лент — медь марок М1, М1р, М2, М2р, М3, М3Р шаг.

32. Листы холоднокатаные латунные (ГОСТ 931—70)

Толщина листов в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине (—) листов размером (в *мм*)		
	600× ×1500 600× ×2000	800× ×2000 (710× ×1410)	1000× ×2000
0,4	0,06	—	—
0,5	0,06	0,09	
0,6; 0,7; 0,8	0,08	0,10	
0,9; 1,0; 1,1	0,10	0,12	0,16
1,2; 1,3; 1,35	0,12	0,14	
1,4			0,18
1,6			
1,6; 1,65; 1,8	0,14	0,16	0,20
2,0	0,15	0,18	
2,2	0,16		0,22

Толщина листов в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине (—) листов размером (в *мм*)		
	600× ×1500 600× ×2000	800× ×2000 (710× ×1410)	1000× ×2000
2,5; 2,75; 3,0	0,18	0,21	0,24
3,5	0,2	0,24	0,28
4,0			0,30
4,5	0,22	0,27	0,32
5,0		0,3	0,36
5,5; 6,0	0,25		
6,5		0,35	0,4
7,0	0,27	0,37	
7,6; 8,0			0,44
9,0	0,3	0,4	0,48
10			0,6
11	0,36	0,5	0,6
12			0,7

33. Листы горячекатаные латунные
(ГОСТ 931—70)

Толщина листов в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине (—) для листов размером (в *мм*)		Толщина листов в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине (—) для листов размером (в *мм*)	
	600×1500 (710×1410)	1000×2000		600×1500 (710×1410)	1000×2000
5; 6	0,45	0,50 0,55	15; 16	0,8	1,0
7; 8	0,5	0,6	17		1,2
9; 10	0,6	0,7	18; 19		1,3
11	0,7		20		1,4
12		0,8	21; 22	1,0	
13; 14		0,9	25	1,2	1,6

34. Полосы холоднокатаные латунные
(ГОСТ 931—70)

Толщина полос в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине (—) полос [*1]		Толщина полос в *мм*	Допускаемые отклонения по толщине (—) полос [*1]	
	П	Н		П	Н
0,4	—	0,06	2.25	0,10	0,12
0,5			2,5		
0,6		0,07	2,75		
0,7		0,08	3,0	0,12	0,14
0,8			3,5		0,16
0,9		0,09	4,0		0,18
1,0	0,08		4,5	0,15	0,20
1,1	0,09	0,10	5,0		
1,2			5,5		
1,3			6,0		0,25
1,35			6,5		
1,4			7,0		
1,5			7,5		
1,6	0,10	0,12	8,0		
1,65		0,12	9,0	0,18	0,30
1,8			10,0		
2,0		0,12	—	—	—

[*1] П — повышенная точность изготовления; Н — нормальная точность изготовления.

35. Допускаемые отклонения холоднокатаных латунных полос по ширине

Ширина полос в *мм*	Допускаемые отклонения по ширине (—) при толщине полосы *a мм*				
	до 1	св. 1 до 2	св. 2 до 4	св. 4 до 6	св. 6 до 10
40—100	1,0	1,0	2,0	—	—
101—300	1,5	1,5	3,0	3,5	7,0
301—500	2,0	3,0		4,0	

Примечание. Полосы изготовляются длиной от 500 до 2000 *мм*.

36. Прутки латунные тянутые (ГОСТ 2060—60 *)

Номинальный диаметр круглых прутков и диаметр вписанной окружности квадратных и шестигранных прутков в *мм*	Допускаемые отклонения по диаметру прутков (—) *а мм*				
	круглых			квадратных и шестигранных	
	Классы точности				
	3а	4	5	4	5
5,0; 5,5; 6,0	0,048	0,08	0,16	0,08	0,16
6,5; 7,0; 7,5 *[1]; 8,0; 8,5 *[1]; 9,0; 9,5 *[1]; 10	0,058	0,10	0,20	0,10	0,20
11; 12; 13; 14; 15 *[1]; 16 *[1]; 17; 18 *[1]		0,12	0,24	0,12	0,24
19; 20 *[1]; 21 *[1]; 22; 23 *[1]; 24; 25 *[1]; 27; 28 *[1]; 30	—	0,14	0,28	0,14	0,28
32; 35 *[1]; 36; 38 *[1]; 40 *[1]		0,17	0,34	0,17	0,34

*[1] Квадратные и шестигранные прутки данного размера не изготовляются.

Примечания: 1. Круглые прутки размером 27 и 36 *мм* не изготовляются.
2. Длина прутков 2—4 *м*.

37. Прутки латунные прессованные (ГОСТ 2060—60 *)

Номинальный диаметр круглых прутков и диаметр вписанной окружности квадратных и шестигранных прутков в *мм*	Классы точности. Допускаемые отклонения по диаметру (—) в *мм* прутков: круглых, 7	круглых, 8 и 9	шестигранных, 7	шестигранных, 8
10	0,36	0,58	—	—
11; 12; 14; 16; 18	0,43	0,70		
20; 22; 23; 24; 25; 27; 28; 30	0,52	0,84	0,52	
32; 35; 36; 38; 40; 41; 42; 45; 46; 48; 50	0,62	1,0	0,62	1,0
55; 60; 65; 70; 75; 80	—	1,2	—	1,2
90; 95; 100		1,4		—

Примечания: 1. Длина прутков диаметром до 40 *мм* от 2 до 4 *м*; свыше 40 *мм* — от 1,2 до 3 *м*.

38. Прутки бронзовые тянутые (ГОСТ 1628—60 *)

Номинальный диаметр прутков и диаметр вписанной окружности у квадратных и шестигранных прутков в *мм*	Допускаемые отклонения по диаметру (—) в *мм* для классов точности: 4	5	Номинальный диаметр прутков и диаметр вписанной окружности у квадратных и шестигранных прутков в *мм*	Допускаемые отклонения по диаметру (—) в *мм* для классов точности: 4	5
5,0; 5,5; 6,0	0,08	0,16	19; 20; 21; 22; 24; 25; 27; 28; 30	0,14	0,28
6,5; 7,0; 7,5 *1; 8,0; 8,5 *1; 9,0; 9,5 *1; 10,0	0,10	0,20	32; 35 *1; 36; 38 *1; 40 *1	0,17	0,34
11,0; 12,0; 13,0 *1; 16,0; 17,0; 18,0	0,12	0,24	—	—	—

*1 Квадратные и шестигранные прутки данного размера не изготовляются.

Примечания: 1. Длина прутков 2—4 *м*.

39. Прутки бронзовые круглые прессованные (ГОСТ 1628—60 *)

Номинальный диаметр в *мм*	Допускаемые отклонения по диаметру (—) в *мм* для классов точности		Номинальный диаметр в *мм*	Допускаемые отклонения по диаметру (—) в *мм* для классов точности	
	4	5		4	5
16; 18	0,7	1,1	55; 60; 65; 70; 75; 80	1,2	1,9
20; 22; 25; 28; 30	0,84	1,3	85; 90; 95; 100	1,4	2,2
32; 35; 38; 40; 42; 45; 48; 50	1,0	1,6	110; 120; 130; 140; 150	—	2,5

40. Трубы латунные тянутые общего назначения (ГОСТ 494—69)

Наружный диаметр в *мм*	Допускаемые отклонения по диаметру (—) в *мм*	Толщина стенки в *мм*
3; 4	0,2	0,5
5		0,5—1,0
7		0,5—0,8
6; 8; 9; 10; 11		0,5—2,0
12; 13		0,5—3,0
14; 15; 16; 17; 18; 19;	0,24	0,5—4,5
20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30	0,3	1,0—7,0
31; 32; 34; 35; 36; 37; 38	0,35	
40; 42; 45; 46; 47; 48; 50	0,4	
51; 52; 54; 55	0,5	
58; 60; 64; 65; 70	0,6	
75; 76; 80; 86; 90; 93; 96; 97; 100	0,8	2,0—10,0

Примечания: 1. Ряд толщин стенки в *мм*: 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 10,0.
2. Трубы диаметром до 40 *мм* и толщиной стенки до 3 *мм* изготовляют длиной от 0,5 до 7,5 *м*, а диаметром более 40 *мм* — от 0,5 до 6 *м*.

41. Допускаемые отклонения по толщине стенок латунных тянутых труб общего назначения (ГОСТ 494—69)

Толщина стенки в *мм*	Допускаемые отклонения (±) в *мм*	Толщина стенки в *мм*	Допускаемые отклонения (±) в *мм*	Толщина стенки в *мм*	Допускаемые отклонения (±) в *мм*	Толщина стенки в *мм*	Допускаемые отклонения (±) в *мм*
0,5	0,08	2,5—3,0	0,25	5,0	0,4	8,0	0,7
0,8—1,0	0,10	3,5—4,0	0,30	6,0	0,5	10,0	0,9
1,5	0,15	4,5	0,35	7,0	0,6	—	—
2,0	0,20						

42. Трубы латунные прессованные (ГОСТ 494—69)

Наружный диаметр в *мм*	Допускаемые отклонения по диаметру в *мм*	Толщина стенки в *мм*	Наружный диаметр в *мм*	Допускаемые отклонения по диаметру в *мм*	Толщина стенки в *мм*	Наружный диаметр в *мм*	Допускаемые отклонения по диаметру в *мм*	Толщина стенки в *мм*
21; 22	±0,22	1,5—2	62; 63; 65	±0,70	4—15	125; 130	+1,4 −1,6	10—30
23; 24; 25; 26	±0,25	1,5—4	68	±0,75		135; 140	+1,5 −1,7	
27; 28; 29	±0,30	2—5	70; 72; 73	±0,8		145; 150	+1,6 −1,8	
30; 31; 32; 33	±0,35	2—7	75	±0,85	5—17,5	155	+1,7 −1,9	
34; 35; 36; 37	±0,40	2—8	80; 85	±0,9	5—22,5	160	+1,8 −2,0	
38; 39; 40; 42; 43 45	±0,45	2,5—10	90; 92	±1,0		165; 170	+1,9 −2,1	
46; 47; 48	±0,5	3—10	95; 100	±1,1	5—30	175; 180	+2,0 −2,2	10—32,5
50; 51; 52; 53	±0,55	3—15	105; 110	±1,2		185	+2,1 −2,3	17,5—37,5
54; 55	±0,6	4—15	112; 115	±1,3	6—30	190; 195	+2,2 −2,4	25—42,5
58; 59; 60	±0,65		120; 123	±1,4	10—30	—	—	—

43. Основные виды полуфабрикатных изделий из алюминия и алюминиевых сплавов

Вид изделия	Толщина, высота или диаметр в *мм*	ГОСТ	
		Сортамент	ТУ (ТТ)
Прутки:			
катаные и тянутые (круг, квадрат, шестигранник)	8—180	7857—55 *	—
прессованные	5—300	7857—55 *	4783—68
специальные	—	13890—68	13890—68
Полоса прессованная	4—100	13616—68	8617—68
Профили прессованные:			8617—68
бульбоугольник	13—90	13617—68	8617—68
угольник фитинговый	38—100	13618—68	8617—68
зет фасонный	20—35	13619—68	8617—68
зет нормальный	20—50	13620—68	8617—68
даутавр	30—86	13621—68	8617—68
тавр	20—220	13622—68	8617—68
швеллер	15—80	13623—68	8617—68
швеллер отбортованный	14—35	13624—68	8617—68
угольник равнобокий	12—100	13737—68	8617—68
угольник неравнобокий	16—140	13738—68	8617—68
Листы:			
общего назначения	0,3—10,5	13722—68 *	13722—68 *
конструкционные	0,5—10,5	12592—67 *	12592—67 *
Ленты	0,25—2,0	13726—68 *	—
Трубы:			
прессованные	18—280	1947—56 *	11535—65
холоднокатаные тянутые	6—120	1947—56 *	4773—65
Проволока:			
сварочная	0,8—12,0	7871—63	7871—63
электротехническая круглая	0,08—10,0	6132—63 *	6132—63 *
прямоугольная	1,56—12,5	10687—63	10687—63 *
Катанка	9—19	13843—68	13843—68 *

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ

Металлические покрытия наносят на металлические основания с целью защиты их от коррозии, для изменения размеров, для повышения их твердости и износостойкости, придания нужного вида, антифрикционных и фрикционных свойств, а также с целью защиты веществ, соприкасающихся с металлом, от порчи продуктами его коррозии. Если монометаллическое покрытие нестойко или плохо сцепляется с основанием, применяют многослойные металлические покрытия, из которых важнейшими являются никель—медь—хром для стали и чугуна, олово—свинец — для химически стойких покрытий, свинец—индий — для металлических подшипников скольжения и др. Данные по металлическим покрытиям, необходимые для их выбора, приведены в табл. 44.

На неметаллическое основание металлические покрытия наносят с целью придания поверхности электропроводности и возможности пайки с металлом. В этих случаях применяют химический способ нанесения.

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ПОКРЫТИЯ

Древесина. К основным механическим характеристикам (табл. 45) относятся:

предел прочности при продольном сжатии $\sigma_{пр.\,сж}$ — давление на торце образца размером 2×2×3 *см*, разрушающее его;

предел прочности при поперечном изгибе $\sigma_{поп.\,из}$ — максимальное расчетное напряжение изгиба при изломе образца 2×2×30 *см*;

предел прочности при скалывании $\sigma_{ск}$ — напряжение скалывания выступа сечением 2 × 3 *см* специального образца.

К основным физическим характеристикам относятся:

объемный вес γ_0;

усадка при высыхании $У$ — отношение уменьшения длины после высыхания к первоначальной длине:

$$У = \frac{l_0 - l_y}{l_0}\ 100\%.$$

44. Выбор металлического покрытия

Материал покрытия	Способы нанесения покрытия							Характеристики покрытия		Толщина в *мм*	Назначение покрытия
	НН	МН	М	П	Г	Х	Т	Пластичность	Сцепление		
Однослойные покрытия											
Сталь, железо с углеродом	+	+	+	—	+	—	—	В	У	<5	Изменение размеров, повышение твердости
Нержавеющая сталь	+	+	+	+	—	—	—	ВВ	В	<1	Защита углеродистой стали от коррозии в химической аппаратуре
Никель	+	+	+	+	+	+	—	ВВ	В	<1	То же, декоративное и повышение жаростойкости
Медь	+	+	+	+	+	+	—	ВВ	В	<0,1	Подслой под другие покрытия, электроконтакты, защита стали от науглероживания при цементации
Латунь	+	+	+	+	+	—	—	ВВ	В	<0,1	Декоративное, повышение прочности сцепления с резиновыми покрытиями
Цинк	+	+	—	—	+	—	+	В	В	<0,1	Защита от коррозии в атмосфере и в чистой воде
Кадмий	+	+	—	—	+	—	—	В	В	<0,05	Защита от коррозии в морской воде и в горячей воде
Свинец с оловом	+	+	—	—	+	—	—	ВВ	В	<2	Защита от коррозии в кислотах и окислителях
Олово	+	+	—	—	+	+	—	ВВ	В	<0,1	Для деталей пищевой аппаратуры
Хром	—	—	—	—	+	—	+	П—У	Н—В	<0,5	Изменение размеров, повышение износостойкости, жаростойкости, ослабление сцепления со смолами
Твердые сплавы	+	+	+	—	—	—	—	П—У	Н—В	<2	Повышение твердости и износостойкости

Продолжение табл. 44

Материал покрытия	Способы нанесения покрытия							Характеристика покрытия		Толщина в *мм*	Назначение покрытия
	НН	МН	М	П	Г	Х	Т	Пластичность	Сцепление		
Баббиты и другие антифрикционные сплавы	+	+	+	+	+	—	—	Н—В	У—ВВ	<2	Покрытие вкладышей подшипников скольжения и др.
Многослойные покрытия											
Никель—медь—хром	—	—	—	—	+	—	—	Н—В	У—В	<0,1 <0,1 <0,1	Защитно-декоративные блестящие покрытия по стали
Никель—медь—никель	—	—	—	—	+	+	—	Н—В	У—В	<0,01 <0,1	То же, в кислых и щелочных неокисляющих средах
Олово—свинец	+	+	—	—	+	—	—	В—ВВ	В—ВВ	<0,1 <1,0	Защита от коррозии в кислотах и окислителях (один свинец не сцепляется)
Свинец—индий	—	—	—	—	+	—	—	ВВ	ВВ	<0,1 <0,01	Защита подшипников скольжения от коррозии в окисленном масле
Никель или медь—благородные металлы	—	—	—	—	+	+	—	ВВ	У—ВВ	<0,05 <0,01	Декоративные и специальные покрытия деталей приборов

Обозначения: 1. Способы нанесения: НН — наплавка и наварка; МН — металлизация напылением; М — металлокерамика; П — плакирование (нанесение покрытия при прокатке и волочении пакета, сложенного из металла основы и металла покрытия); Г — гальванический; Х — химический; Т — термодиффузионный.

2. Знаками «+» и «—» обозначены возможность и невозможность нанесения покрытия указанным способом.

3. У многослойных покрытий указаны толщины слоев в порядке их нанесения.

4. ВВ — весьма высокая; В — высокая; У — удовлетворительная; Н — низкая; П — плохая.

45. Механические и физические свойства древесных материалов

Материал	Механические свойства, в $кГ/мм^2$: $\sigma_{пр. сж}$	Механические свойства, в $кГ/мм^2$: $\sigma_{поп\ из}$	Физические свойства: γ_0 в $Г/см^3$	Физические свойства: $У$ в % не более	Сортамент
Природная древесина при влажности 15% [*2]					
Пихта	3,4	6,2	0,4	10,0	Бревна D от 150 *мм*, l до 20 *м*. Пиломатериалы: $h = 13 \div 40$ *мм*; $B = 80 \div 250$ *мм*; $l = 1 \div 6$ *м*
Кедр	3,4	6,3	0,44	8,2	
Ель	4,0	7,5	0,45	7,2	
Сосна	4,2	7,9	0,51	10,0	
Лиственница	5,5	10,0	0,67	13,0	Бревна, пиломатериалы
Липа	3,4	6,1	0,47	11,0	
Тополь и осина	3,7	7,0	0,50	8,4	
Береза	4,7	9,0	0,64	10,0	
Бук	4,8	10,0	0,69	10,0	Бревна, пиломатериалы
Ясень	5,1	12,0	0,70	8,4	
Клен		11,0	0,71	10,0	
Дуб		12,0		8,2	
Граб	5,3		0,81	8,5	
Прессованная древесина при влажности 10%					
Осина, береза, бук	До 10	—	0,8—0,9	—	Доски и бруски $h = 15 \div 45$ *мм*; $B = 40 \div 160$ *мм*; $l = 300 \div 2000$ *мм* Сегменты втулок $d = 10 \div 200$ *мм*; $D = 20 \div 250$ *мм*; $l = 100 \div 300$ *мм*
	» 11	До 15	0,9—1,0	—	
	» 12	» 17	1—1,1	—	
	» 13,2	» 19	1,1—1,2	—	
	» 14,5	» 24	1,2—1,3	—	
	» 15,5	» 36	1,3—1,4		

[*1] $У$ — линейная усушка.

[*2] Древесина этой группы хорошо обрабатывается резанием и плохо — давлением в пластифицированном состоянии.

Продолжение табл. 45

Материал	Механические свойства: $\sigma_{пр. сж}$ в $кГ/мм^2$	Механические свойства: $\sigma_{поп\ из}$ в $кГ/мм^2$	Физические свойства: γ_0 в $Г/см^3$	Физические свойства: $У$ в % не более	Сортамент
Столярные плиты					
—	—	0,7—2,5	0,5—0,7	до 5	$h = 16 \div 50$ *мм*; $B = 1220 \div 1550$ *мм*; $l = 1800 \div 2500$ *мм*
Древесноволокнистые плиты					
—	—	От 0,2 и выше	0,2—0,3		$h = 8 \div 20$ *мм*; $B = 1000 \div 1600$ *мм*; $l = 1200 \div 3600$ *мм*
		От 1,5	0,4—0,8		$h = 4 \div 8$ *мм*
		4,0	0,85		$h = 3 \div 6$ *мм*
		5,0	0,95		$h = 3 \div 4$ *мм*
Древесностружечные плиты					
—		1—1,2 0,8—1,7	0,7—0,8 0,5—0,7	—	$h = 10 \div 50$ *мм*; $B = 1250 \div 1750$ *мм*; $l = 1525 \div 3500$ *мм*
Фанерные плиты					
Тип А » Б » В		6,5—8	0,6—0,7	—	$h = 15 \div 45$ *мм*; $B = 1250 \div 1550$ *мм*; $l = 600$, 2200 *мм*
Фанера					
—	5—8 *	6,5—8,0	0,7—0,9	—	$h = 1,5 \div 12$ *мм*; $B = 725$, 1220, 1550 *мм*; $l = 1220$, 1550, 1830 *мм*

* При продольном растяжении.

Обозначения: h — толщина; B — ширина; l — длина; D — наружный диаметр; d — внутренний диаметр

Для древесины усушку определяют в тангенциальном, радиальном и продольном направлениях; наибольшая усушка — в тангенциальном направлении.

Пластические массы и покрытия (табл. 46 и 47). Основные механические характеристики пластмасс те же, что и для металлов, но определяются по образцам стандартных размеров. Рабочая часть образца для испытаний на растяжение: 2,5×0,6×1 *см* — для прессовочно-литьевых пластмасс; 1×1×5,5 *см* — для листовых пластмасс толще 1 *см*; 1,5×*B*×5,5 *см* (где *B* толщина листа) — для листовых пластмасс тоньше 1 *см*. *На статический изгиб и ударную вязкость* испытывают образцы без надреза размером 1,5×1×12 *см*, устанавливаемые на опоры с расстоянием 7 *см* и нагружаемые посередине грани 1,5×12 *см*.

Твердость пластмасс определяют по Бринелю при нагрузках 50—250 *кГ* на шарик диаметром 5 *мм*.

Основные физические свойства пластмасс (помимо рассмотренных выше для металлов и сплавов (см. табл. 20):

теплостойкость пластмасс по Мартенсу — температура, при которой пластмассовый брусочек размерами 120×15×10 *мм*, изгибаемый постоянным моментом, создающим наибольшее напряжение изгиба на гранях 120×15 *мм*, равное 50 *кГ/см²*, разрушится или изогнется так, что укрепленный на конце образца рычаг длиной 240 *мм* переместится на 6 *мм*;

теплостойкость пластмасс по Вика — температура, при которой цилиндрический стержень диаметром 1,13 *мм* (площадь поперечного сечения 1 *мм²*) под давлением груза 5 *кГ* (для мягких пластмасс — 1 *кГ*) углубится в пластмассу на 1 *мм*;

температура стеклования аморфного полимера t_g — температура, ниже которой аморфное тело ведет себя как твердое, а выше — как высокоэластичное (вязкопластичное) тело;

температура текучести аморфного полимера t_f — температура, выше которой полимер становится вязкотекучим;

температура хрупкости t_r — температура, при которой пластичный или эластичный материал при ударе может разрушиться хрупко;

водо (*бензо-*, *масло-*) *поглощение по весу* $B_в$ — отношение веса (массы) поглощенной материалом воды (бензина, масла) после выдерживания материала в воде (бензине, масле) до прекращения возрастания его веса к весу (массе) сухого материала. *Водопоглощение по объему* B_0 — отношение объема поглощенной воды к объему сухого материала:

$$B_в = \frac{G_{вл} - G_c}{G_c} 100\%; \; B_0 = \frac{G_{вл} - G_c}{\gamma V_c},$$

где γ — удельный вес воды (бензина, масла).

Резина. К основным механическим свойствам резины (табл. 47 и 48) относятся:

предел прочности при растяжении;

относительное удлинение при разрыве;

остаточное удлинение после разрыва (со временем исчезающее);

модуль эластичности (напряжение при растяжении на 300 или на 100%), определяемый при растяжении стандартных образцов;

46. Механические и физические свойства

Наименование пластмасс	Механиче	
	σ_c в $кГ/см^2$	$\sigma_в$ в $кГ/см^2$
Массы прессовочные фенольные (фенопласты):		
общего назначения:	1500—1800	240—600
специальный безаммиачный	1400	—
электроизоляционный	1500	300—530
высокочастотный	1500—2000	280—600
влагохимостойкий	1130—1710	280—630
ударопрочный, крупноволокнистый	800—1600	270—690
жаростойкий	1000—2500	280—630
Аминопласт А и Б	1000—2900	370—500
Прессматериалы:		
К-77-51 и К-78-51	1400	
ВЭИ-11 ВЭИ-12	—	—
КМК-218	1200—1470	
К-41-5	1320—1420	1750—3000
ФАА	800—1200	—
ФАГ	—	200
ФАС	1300—1800	2300—2700
Стекловолокнит:		
АГ-4В и С	1300	800—2000
Текстолит:		
поделочный ПТ; ПТ-1; ПТК	2000—2500	650—1000
электротехнический	2200—2700	о 900
металлургический марки «Б»	1900	—
Асботекстолит А, Б	850—1000	800
Стеклотекстолит:		
КАСТ	3000—3200	о 2800
КАСТ-1	3100	1100
КАСТ-Р	3000—3200	о 2800
КАСТ-В	3500	о 2200—2700
	1000	1400—1550
СКМ-1	—	о 1600—3300
СВФЭ-2		—
СТК-41 «А» и «Б»	2450—3150	1000—1500
СТК-41/ЭП	3500—4200	о 1700—2650; у 1200—2000
ЭФ-32-301	2600	4080
Древеснослоистые пластики ДСП-А, ДСП-Б, ДСП-В, ДСП-Г	1000—1850 Вдоль волокон	1100—2600 Вдоль волокон
Гетинакс электротехнический листовой А, Б, В, Г, Д	1500—1800	700—1000
Стеклопластик на полиэфирной смоле, армированный стеклянной тканью	2100—2500	2800—3500
Стеклопластик НСП-1	—	4500—9000
Капрок	700—800	500—840
Смола:		
68	700—900	500
АК-7	750—950	500—650
54 548	—	500—600 300—450
Полиуретан ПУ-1	800—850	500—850
Лавсан	—	1750

термореактивных и термопластичных пластмасс

ские свойства			
$\sigma_и$ в $кГ/см^2$	δ в %	$a_н$ в $кГ \cdot см/см^2$	*НВ*
500—800	0,3—0,8	4—15	20—40
	—	4,5	—
500—600	0,7—0,8	3,5—4,2	30—40
500—700	0,6	3—4	30—50
550—900	0,2—0,5	4,8—9,2	30—40
500—800	0,2—0,4	9—21	25—30
500—1000	0,2—0,5	2,5	30—50
600—800	0,2—0,5	5,6	35—55
500		4,0	20—50
200		1,7	—
450		10,0	
370—490		4,5—6,0	20
500—800	—	18,0—20,0	19
300—400		9,0—10,0	27—32
290—330		1,6—2,0	12—19
1500—1700		80,0—140,0	36
1000—2000		25,0—100,0	30—40
1200—1600	1,0	25,0—35,0	25—35
1400—1700		50,0	30
1100	—	35,0	28
1000—1700		20,0—25,0	30—45
2200—2800	2,5—3,0	у 45	33
1100—2300	1,5—2,8	у 55	24—35
о 2200—2800	0,5—1,0		
1500	2,5—3,0	у 45—85	35—40
1240		—	
1400		у 55	
1300		—	—
1100—2000		50	
2000—2400	—	80	
4140		148	27—30
1400—2800		17,0—80,0	25—30
800—1400	1,0	15,0—20,0	25
2100—4200	—	200—250	—
2500—4300	—	350—480	—
700—1000	50—200	150—170	5—12
700	100	100—120	14—15
1000—1200	60—100	130—160	15—18
—	200—350	—	4—5
	400—425		3,5—4,5
700—800	50—150	40—50	8—12
—	50—70	90	—

Наименование пластмасс	Механиче...	
	σ_c в $кГ/см^2$	$\sigma_в$ в $кГ/см^2$
Полиэтилен:		
высокого давления	125	120—160
кабельный		65
марки К-503	—	40—90
низкого давления		220—450
Полипропилен	600—760	300—380
Полистирол блочный «Д» и «Т»	1000	300—500
Полистирол эмульсионный марок «А», «Б», «В»		350—400
Фторопласт-4	—	140—315
Фторопласт-3	500—570	300—400
Оргстекло поделочное	1200—1600	500—790
Оргстекло авиационное	700—850	500—990
Этрол:		
этилцеллюлозный	300—1000	140—700
ацетилцеллюлозный	250—400	500—580
нитроцеллюлозный	1400—2100	250—500
Полиформальдегид	1300	600—700
Поликарбонат	900—950	670—780

Наименование пластмасс	Физиче...	
	γ в $Г/см^3$	$\alpha \cdot 10^{-5}$
Массы прессовочные фенольные (фенопласты):		
общего назначения	1,4—1,5	4,3—7,0
специальный безаммиачный	1,4—1,95	—
электроизоляционный	1,4—1,8	4,3—5,3
высокочастотный	1,9—1,95	2,5—4,5
влагохимостойкий	1,5—1,7	1,9—2,6
ударопрочный, крупноволокнистый	1,45—1,95	0,8—3,5
жаростойкий	1,75	1,5—4,0
Аминопласт А и Б	1,3—1,46	2,5—5,3
Пресcматериалы:		
К-77-51 и К-78-51	1,6—1,8	3
ВЭИ-11	1,8	—
ВЭИ-12		
КМК-218	1,8—2,0	
К-41-5	1,8—1,9	1,0—1,4
ФАА	1,6	—
ФАГ	1,55	
ФАС	1,6—1,7	1,3
Стекловолокнит:		
АГ-4В и С	1,8—2,0	0,8—1,5
Текстолит:		
поделочный ПТ; ПТ-1; ПТК	1,3—1,4	2,0—4,0
электротехнический	1,6	
металлургический «Б»	1,3—1,4	2,0—4,0
Асботекстолит А, Б	1,6	2,5—2,8

Продолжение табл. 46

...ские свойства

σ_u в $кГ/см^2$	δ в %	$a_н$ в $кГ \cdot см/см^2$	HB
120—170	150—500		43—51 по Джонсу
75	300 230—350	—	35 по Джонсу —
200—380	150—800		70—120 по Джонсу
560—700	400—700	80	85—95 по Джонсу
800—850	0,4—0,7	12—15	18—20
900	1,5—3,5	3,5—15	20
110—140	250—500	100	3—4
500—800	20—160	20—160	10—13
800—1400	2,5—4,0	8,5	12
600—650	3,6	12—12,9	18—26
250—400	5—100	20	4,5—6
450—500	7—15	15—35	4,5—8
350—400	10—50	4—18	4
750—900	15	90—120	25—30
1000—1200	50—110	135—220	15—16

...ские свойства

$\lambda \cdot 10^4$ в $кал/см \cdot сек \cdot град$	Удельная теплоемкость в $кал/г \cdot °C$	Теплостойкость по Мартенсу в °C	Водопоглощение за 24 ч в %
5,0—5,8	0,35	0,125	0,1—0,2 [*1]
—	—	125—150	0,03—0,1 [*1]
5,0	0,35	120—125	0,05—0,08 [*1]
5,0—8,0	0,28—0,40	125—150	0,03 [*1]
8,0—16,0	0,28—0,32	125	0,03—0,05 [*1]
5,0—10,0	0,28—0,35	140—200	0,4—0,5 [*1]
8,0—16,0	0,28—0,32	140—150	0,03—0,05 [*1]
3—7,5	0,3—0,4	100	0,4—0,7
7	0,4	140	0,1
—		150	0,5—0,7
0,15 **	—	350	0,3 0,2—0,5
—		280—290	0,1
4,5		290—310 260—330	0,6 за 72 ч 0,05 [*1]
—	0,28—0,32		
3,0—5,0	0,3—0,4	120—125 185	0,3—0,8 0,3—0,6 [*1]
—		120	0,7 [*1]
7,1—8,2	0,4	250	2,0

Наименование пластмасс	Физиче	
	γ в $Г/см^3$	$\alpha \cdot 10^{-6}$
Стеклотекстолит:		
КАСТ	1,65—1,80	1,6
КАСТ-1	1,35—1,55	
КАСТ-Р	1,68—1,75	—
КАСТ-В	1,85	0,8—1,1
	—	—
СКМ-1	1,77	0,5—1,0
СВФЭ-2	1,60	
СТК-41 «А» и «Б»	1,67—1,70	—
СТК-41/ЭП	1,70—1,80	
ЭФ-32-301	1,66—1,70	0,6—2
Древеснослоистые пластики ДСП-А, ДСП-Б, ДСП-В, ДСП-Г	1,3	0,4—3,0
Гетинакс электротехнический листовой А, Б, В, Г, Д	1,3—1,4	2,0
Стеклопластик на полиэфирной смоле, армированный стеклянной тканью	1,5—1,6	1,0
Стеклопластик НСП-1	1,6—1,7	—
Капрон	1,13—1,14	6—15
Смола:		
68	1,11	10—12
АК-7	1,14	10—11
54		
548	1,12	13—13,5
Полиуретан ПУ-1	1,21	10,6—13,5
Лавсан	1,33—1,46	1,6—3,7
Полиэтилен:		
высокого давления	0,92—0,93	21—55,0
кабельный		20,0
марки К-503	0,92	—
низкого давления	0,94—0,96	10,0
Полипропилен	0,90—0,91	11,0
Полистирол блочный «Д» и «Т»	1,05—1,07	6—8
Полистирол эмульсионный марок «А», «Б», «В»	1,05—1,08	
Фторопласт-4	2,1—2,3	8—21
Фторопласт-3	2,09—2,16	6—12
Оргстекло поделочное	1,18	8,0—12,0
Оргстекло авиационное	1,18—1,20	
Этрол:		
этилцеллюлозный	1,07—1,08	10,0—14,0
ацетилцеллюлозный	1,39—1,40	10,0—12,0
нитроцеллюлозный	1,35—1,40	6,7—16,0
Полиформальдегид	1,40	4,5—8,1
Поликарбонат	1,20	7,0

*1 *Г/дм²*; *2 *ккал/м·ч* °С. *3 Максимальная рабочая температура

Примечание. о — основа; у — уток

Продолжение табл. 46

ские свойстаа			
λ·10⁴ в *кал/см·сек·град*	Удельная теплоемкость в *кал/г*·°C	Теплостойкость по Мартенсу в °C	Водопоглощение за 24 *ч* в %
5,0—8,0	0,28—0,32	210	0,15—0,35 *1
		185	0,9 *1
—	—	—	2,0
—	—	260	1,5—3,0
3,7—4,1	—	—	—
—	0,25—0,27	215	1,0
2,4—2,5		—	0,30—0,55 *1
—			
2,4—2,5	—	350	0,4—1,0
5	0,22	240	0,28
3,8—4,1	0,37—0,57	140—150	5,0
3,0—5,0	0,2—0,41	150	0,5—0,7 *1
4,1	—	230	0,2—0,5
—	—	—	0,3—0,6
6,0	0,55	50—55	1,5—5
7,5	0,3—0,5	60	0,5
6,1—8,0			1,5
7,5	—	—	—
			—
3,36	0,25—0,32		0,1 0,5 за 7 суток
7,0	0,5—0,68		0,04 за 30 суток
—	—		0,093 за 30 суток 0,05—0,15 за 30 суток
10,0	0,55		0,03—0,15 за 30 суток
3,3	0,45—0,46		—
1,9	0,32	80	0,005 0,07
5,9—6	0,25	260 *3	Не поглощает
1,4	0,22	125 *3	То же
3,5—6,0	0,36—0,40 0,36—0,37	68—72 52—58	0,1—0,3
3,8—6,3	0,32—0,46	35	0,6—0,8
4,5—8,0	0,3—0,4	45	0,8—1,0
3,1—5,1	0,34—0,38	35—50	2,0
3—7 *2	0,35	—	0,1—0,2
—	—		0,3

47. Пластмассовые и ре

Материал	Толщина в мм	Покрытие наносят на				Грунт, наносимый под покрытие	Температура нагрева при		
		М	Д	Б	Т		Н	П	СВ
Полиэтилен ВД	0,1—1	+	+		+	—	—	240	—
Полиэтилен НД	0,1—1	+	+	+		—	280	—	220
Полиизобутилен ПСГ	0,5—2	+	+		+	Клей 88-Н	—	20	—
Полипропилен	0,1—1	+	+	+		—	250	—	—
Винипласт	0,3—1	+		+		ХСГ	—	170	—
Поливинилхлоридная паста	0,1—1	+	+		+	—	—	—	160
Фторопласт 4Д, 4ДП	0,05	+				—	—	—	370
Фторопласт-3, 3М	0,15	+				—	—	—	330
Масса на основе поливинилбутирали ПФН-12 и ТПФ-37	0,1—1	+				—	320	—	240
Капрон, полиамид П-68, полиамид П-АК-7	0,1—1	+					260—300	—	220
Смесь жидкой эпоксидной смолы с отвердителем и рубленым стекловолокном	0,5—2	+		+		—	20	—	—
Сырая резина на каучуках СКБ, СКС	0,5—2	+			+	Клей лейконат	—	—	150
То же, на СКН-40	0,5—2	+			+	То же	—	—	150
Жидкий найрит	0,5—2	+				—	20	—	—

[1] Условные обозначения: 1. Знаки «+» означают пригодно для данных материалов и условий.

2. Покрытие наносят на: М — металл; Д — дерево; Б — бетон;

3. Температура нагрева при: Н — напылении; П — плакировании;

4. Покрытие стойко в: к — кислотах; щ — щелочах; о — окислителях;

5. Покрытие наносят на поверхности: в — внутренние; н — наружные;

зиновые покрытия *[1]

HB или $H_{ТШМ-2}$ в $кГ/мм^2$	δ в %	Рабочие температуры в °С		Покрытие стойко					Покрытие наносят на поверхности				ГОСТ, ТУ
		От	До	к	щ	о	б	с	в	н	д	т	
2	200	—50	100	+	+	—	∓	+	+	+	+	—	МРТУ 605-989-65
3	200	—50	100	+	+	—	+	+	+	+	+	—	МРТУ 485-890-65
1	200	—40	80	+	+	—	—	+	+	—	—	—	ТУ МХП 2987-52
6	200	—30	150	+	+	—	+	+	+	+	+	∓	СТУ 36-18-126-65
15	15	—30	70	+	+	+	+	+	+	—	—	—	СТУ 30-12281-62
3	100	—30	70	+	+	+	+	+	+	+	+	∓	ВТУ МХП 2102-49
4	75	—200	250	+	+	+	+	+	+	+	—	+	ТУ П-27-59
7	75	—100	120	+	+	+	+	+	+	+	—	+	ТУ 323-57 ТУ П-108-63
12	50	—40	120	+	+	—	+	—	—	+	+	∓	ТУ 35-ХП-592-63 и СТУ 12-10212-62
15	30	—40	120	—	+	—	+	+	+	+	+	+	ВТУ П-198-60
30	10	—40	100	+	+	—	+	+	+	+	—	—	—
1	200	—40	90	+	+	—	—	+	+	+	—	+	—
1	200	—40	90	+	+	+	+	+	+	+	—	+	—
1	200	—40	90	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—

сть; знаки «∓» неполную пригодность, а знаки «—» непригодность покрытия

Т — ткань.

СВ — спекании или вулканизации.

б — бензине; с — спирте.

д — декоративные; т — трущиеся.

*

сопротивление раздиру, представляющее собой отношение нагрузки при разрыве кривого надрезанного образца к ширине его до начала растяжения;

твердость резины, определяемая на приборе ТШМ-2 как отношение нагрузки $P = 1 \div 3$ *кГ*, вдавливающей шарик диаметром 5 *мм* в резину на глубину H, к площади контакта шарика с резиной по формуле

$$H_{ТШМ\text{-}2} = \frac{P}{\pi DH} \ кГ/мм^2.$$

Твердость резины на приборе ТМ-2 отсчитывают по шкале, вдавливая его в резину до упора. У идеально мягкой резины $H_{ТМ\text{-}2} = 0$, а у идеально твердой $H_{ТМ\text{-}2} = 100$.

Жесткость резины часто характеризуют касательным модулем упругости G, определяемым из условия

$$G = \frac{\tau}{\gamma} \ кГ/мм^2,$$

где τ — касательное напряжение, а γ — угол сдвига.

Лакокрасочные покрытия предназначены для защиты оснований от коррозии и сообщения им товарного вида. Получают их нанесением жидких, затвердевающих при сушке, лакокрасочных составов кистями, валиками, обливанием, окунанием и напылением пневматическим, компрессионным и в электростатическом поле.

Лакокрасочные составы содержат: пленкообразователи (олифу, смолы и др.), которые смешивают друг с другом и с пластификаторами; пигменты, придающие покрытию цвет и укрывистость (непросвечиваемость покрытия); наполнители, снижающие усадку; растворители, разжижающие состав.

В табл. 49—50 приведены составы и характеристики важнейших лакокрасочных покрытий.

Клеи и клеевые соединения (табл. 51). Клеи предназначены для неразъемного соединения между собой металлов и неметаллических материалов.

Прочность клеевого соединения зависит от качества подготовки склеиваемых поверхностей, правильности выбора конструкции клеевого соединения, вида клея и соблюдения режимов склеивания.

Смазочные материалы. В табл. 52 и 53 приведены основные характеристики и области применения индустриальных и автотракторных масел, используемых для смазки металлорежущих станков. Наряду с этими массами применяют также консистентные смазки, т. е. минеральные масла, загущенные мылами или твердыми углеводородами (парафином, церезином, петролатумом).

Консистентные смазки используют в качестве защитного покрытия, предохраняющего станки от коррозии в период их хранения на складе, при транспортировке для защиты отдельных поверхностей, а также для сохранения масляной пленки при работе механизмов и условиях повышенных температур.

Химические вещества. В табл. 54 приведены формулы, названия, а также основные характеристики химических веществ, часто используемых в механических цехах машиностроительных заводов при выполнении различных вспомогательных процессов (очистка, маркировка, приготовление специальных смазок и т. д.).

48. Резина на разных каучуках (примерные значения)

Марка каучука	Механические свойства при 20° С						Физические свойства			
	Сопротивление разрыву σ_p в $кГ/см^2$	Модуль G при удлинении 300% в $кГ/см^2$	Твердость $H_{ТМ-2}$	Сопротивление раздиру в $кГ/см$	Относительное удлинение δ в %		Рабочие температуры в °С		Водопоглощение	Бензопоглощение
					разрывное	остаточное (не выше)	От	До	в %, не выше	
Натуральный (НК) и изопреновый (СКИ)	280	80	67	116	650	32	—61	95	6,5	220
Бутилкаучук (БК)	160	110	55	82	550	30	—47	100	3,5	100
Хлоропреновый (наирит)	235	95	70	45	630	16	—37	90	7,5	35
Бутадиеновый (СКБ)	230	65	62	55	550	60	—66	75	6,6	150
Дивиниловый (СКД)	240	67	50	—	600	12	—55	75	5,5	150
Силоксановый (СКТ)	50	45	42	9	250	4	—75	250	200	0
Полиуретановый	360	150	72	—	650	5	—	—	10	5
Тиокол	90	75	70	—	450	45	—	—	5	2
Фторкаучук	195	120	65	48	340	—	—26	220	2,7	0,8

Примечание. Физико-механические характеристики резины даны при содержании 60 частей наполнителя на 100 частей каучука.

49. Лакокрасочные составы

№ по пор.	Марка состава *1	Цвет *2	Растворитель *3	Вязкость по ВЗ-4 в сек	Минимальный расход в г/м²	Сухой остаток в % (не менее)	Режимы сушки: °C	Режимы сушки: ч	Механические свойства: Твердость по маятнику	Механические свойства: Гибкость в мм	Механические свойства: Сопротивление удару в см	ГОСТ или ТУ
	Грунты (рк)											
1	ГФ-020, ГФ-032	К	1	45	25	50	110	1,5	0,3	1	50	ГОСТ 4056—63
2	ГФ-031	Ж		10	—	—	100	2,5	—			ТУ ЯН-360-63
3	ГФ-032ж, АЛГ-14			20	30	54	80	2	0,4			ТУ ЯН-272-63
4	ФЛ-03К, ФЛ-013	К		40	—	—	105	3,5	0,5	—	—	ГОСТ 9109—59
5	ФЛ-03ж	Ж										
6	МЧ-042	Б	2		85	60		0,5	0,3	3	30	ГОСТ 10982—64
7	МЛ-029	К		34	35	50	120		—	1	50	СТУ Харьк. СНХ 79-34Х-02
8	ЭП-09Тк	К	3	40	—	57	150	1	0,6	3	—	ТУ ЯН-268-61
9	ЭП-09Тж	Ж				55			0,55			
10	ХСГ-26, ХС-010	К	4		80	49			0,4	1	50	ГОСТ 7313—55 и 9355—60
11	АГ-10С	Ж	5	—		13,5	20		0,5		—	ТУ МХП 4366-55
12	ХФГ	БС	4		—	—		4	—	—	—	ТУ КУ-408-56
	Шпатлевки											
13	ПФ-002, КФ-003 (рк) МС-006	—	1	—	—	—	100	1	—	—	—	ГОСТ 10277—62*
14	ХВ-004 (5) (рк)		4				20	0,3				
15	НЦ-007 (8; 9) (рк)		3				60	1				
16	ЭП-0010 (рк)						20	2,5 2				
17	КФ-1 (кт)		1		70			4				ВТУ 35ХП 409-62

Продолжение табл. 49

№ по пор.	Марка состава *1	Цвет *2	Растворитель *3	Вязкость по ВЗ-4 в *сек*	Минимальный расход в *г/м²*	Сухой остаток в % (не менее)	Режимы сушки °C	Режимы сушки *ч*	Механические свойства: Твердость по маятнику	Механические свойства: Гибкость в *мм*	Механические свойства: Сопротивление удару в *см*	ГОСТ или ТУ
	Краски, эмали											
18	Масляные наружные (кр)	Р	1	18	—	—	20	72	1	1	—	ГОСТ 8292—57
19	МА-224 (муар) (р)			20	190		80	13	—	—		ТУ КУ-547-61
20	ГФ-230 (рко)			70	30—150		20	72	0,25	3	25	ГОСТ 64—66
21	ГФ-245, ПФ-245 (рко)	Ч		30	60	55	150	1,5	0,4		50	ГОСТ 5971—66
	ПФ-241	С		70	130		100	2,5			—	
	ГФ-163, ПФ-163 (приборные) (рко)	Ч		30	60	44			0,3	1	50	
22	ПФ-115 (рко)						105	1			40	ГОСТ 6465—63*
23	ПФ-133 (для сельхозмашин) (рко)			40	45—120	45	80	2	0,2		50	ГОСТ 926—63
24	МЧ-13 (рко)	Р		35	30—180		20	1	0,5			ГОСТ 8785—58*
25	МЛ-12 (рко)			50—90	35—100	—	140	0,3				ГОСТ 9754—61
26	МЛ-160, МЛ-165 (молотковые) (р)		2	45	—		120		—	3	40	ГОСТ 12034—66
27	МЛ-242 (рко)	Б			120	50	105	1	0,3		30	ГОСТ 10982—64
28	МЛ-729 (рко)	К		35	45	45	140		0,45		40	СТУ 79-33Х-62
29	ФЛ-14 (рко)	З		—			—	—	—	—		ВТУ КУ-379-57
	ФЛ-76 (рко)	Ч	1	30	—	—	180	0,5	0,4	3	—	ТУ ЯН-198-60
30	НЦ-11 (р)	Р	3	—	17—140	14	20	2	0,5	10	20	ГОСТ 9198—59*
31	НЦ-25 (р)			45—60	20—200	21—44		1	0,3	3	—	ГОСТ 5406—60*
32	НЦ-132 (нко) (кр)			60—100	30—120	18—28		3	0,15	1	50	ГОСТ 6631—65**
33	ЭП-51 (кр)			35—65	20—150	16—28	80	1,5	0,4	3	—	ГОСТ 9640—61

Продолжение табл. 49

№ по пор.	Марка состава *1	Цвет *2	Растворитель *3	Вязкость по ВЗ-4 в сек	Минимальный расход в $г/м^2$	Сухой остаток в % (не менее)	Режимы сушки		Механические свойства			ГОСТ или ТУ
							°С	ч	Твердость по маятнику	Гибкость в мм	Сопротивление удару в см	
34	ЭП-74-Т (кр)	С	3	30	—	16	150	1	0,55	1	50	ТУ ЯН-141-59
	ЭП-142	БС		35	80	58	120		0,5	5	30	ГОСТ 10982—64
35	ПХВ (1-36) (рко)	Р	4	30	50—130	26	20		—	1	50	ГОСТ 6993—54
36	ХВ-124, ХВ-125 (рко)			35	30—60	27		2	0,35			ГОСТ 10144—62*
37	ХСЭ (3, 6, 14, 23, 26) (рко)			20	—	26		1	0,3	—	—	ГОСТ 7313—55
38	ХС-710	С			35			2	0,4	1	50	ГОСТ 9355—60
39	ХФК (рко)	Р		25	200	—		4		—		ТУ МХП КУ-407-56
40	СЭМ (рко)		7	60	130—205			24	—	5	—	ГОСТ 5787—51
41	ВЛ-515 (рко)	К	2	20		27	120	1	0,4	—		ВТУ УХП 138-59
42	Этинолевые ЭКЖС-40 и др. (рко)		1	10	—	—	20	12	0,6	3	30	ТУ МХП 1267-57
43	АС-72 (рко)	С	5	16	80	18		2	0,3	1	—	ВТУ УХП-241-60
44	КО-81 (рко)	К З	1	20	—	—	220	3	—			ВТУ УХП 23-58
	Лаки *4											
45	Битумный 177с (рк)	Ч		18	30	—	20	24	—	5	—	ГОСТ 5631—51*
46	411 (рк)			—	45		100	0,5		—		ГОСТ 1347—41
47	Битумный 67 (ок)			—	35	37	20	2	0,1	3		ГОСТ 312—43*
48	Каменноугольный А, Б, морской (ок)			40		65		24	—	5		ГОСТ 1709—60*

Продолжение табл. 49

№ по пор.	Марка состава *1	Цвет *2	Растворитель *2	Вязкость по ВЗ-4 в сек	Минимальный расход в г/м²	Сухой остаток в % (не менее)	Режимы сушки °C	Режимы сушки ч	Механические свойства: Твердость по маятнику	Механические свойства: Гибкость в мм	Механические свойства: Сопротивление удару в см	ГОСТ или ТУ
49	Эмаль Ч-1 (ок)	Ч	1	20	20	—	200	1	—	1	50	ГОСТ 2346—43
60	Лак Ч-2 (ок)			28					0,6	3	40	ГОСТ 2347—43
51	Масляно-смоляные: 4, 5, 6, 8^{с} (рко)	ЖК		40			20	36	0,35	3	—	ГОСТ 5470—50
52	МС-25 (рко)	С		25	—			8	—	—		ТУ МХП КУ-307-57
53	ГФ-024^{с} (рко)			10			150	2	—		60	ТУ 35ХП 626-63
54	Пентафталевый 170 и 170а (рко)			40			20	72	0,1	1		ТУ МХП 1308-45 ТУ МХП 4123-53
55	Бакелитовые (рко)	К	6	15	25	50	150	0,05	—	—		ГОСТ 901—56
56	Шеллачные (кт)	Ж				37						ГОСТ 7573—55
57	То же, политуры (т)				18	10		2				ГОСТ 7572—56
58	Нитроцеллюлозные мебельные НЦ 221-228	БС	3	—	35	22			0,5	5		ГОСТ 4976—63
59	То же, политура НЦ-314				10	14		1				ТУ КУ-468-66
60	Аэролак 1-го покрытия (к)				—	8,5	20	0,5	—	—	—	ГОСТ 2699—44
61	Цапонлаки (ртк)	Р				6		0,3	0,5	1		ГОСТ 5236—50*
62	МЧ-52, МЧ-26 (кро)	БС	2	60	46	48		1,5				ТУ УХП 444-60
63	Мебельный торцовый (ркв)			40		60		1	0,6			ТУ ЯН-237-62
64	ПЭ-220 (н)		—	90	700	70		10	0,4	—		СТУ 104-329-63
65	ПЭ—29, ПЭ-29-к (рн)		3	30	500	60	60	3	0,5			ТУ ЯН-215-60

Продолжение табл. 49

№ по пор.	Марка состава *1	Цвет *2	Растворитель *3	Вязкость по ВЗ-4 в *сек*	Минимальный расход в *г/м²*	Сухой остаток в % (не менее)	Режимы сушки °C	Режимы сушки *4	Механические свойства: Твердость по маятнику	Механические свойства: Гибкость в *мм*	Механические свойства: Сопротивление удару в *см*	ГОСТ или ТУ
66	Дивинилацетиленовый (этиноль)[c] (рков)	Т	1	40	130	46	20	36	—	—		ТУ МХП 3877-54
67	ВЛ-725[c] (рков)	Б	2	20	20	6	120	4			—	ТУ 35-ХП-481-62
68	ХСЛ (рков)				25	14		1	0,4			ГОСТ 7313—55
69	ХВ-77 (рков)		4	—	100	15	20	2	—	1		ТУ 35-ХП-694-64
70	ХС-76 (рков)	Ж		20		19		3	0,4		50	ГОСТ 9355—60
71	Э-4100 (рков)		3	10		30	150		0,9			ТУ ЯН-35-58
72	ЭП-075, ЭП-79 (рков)			20	—	40		1	0,7	—		ТУ ЯН-364-63
73	АС-82 (рков)	БС	5	12		10	20	3	0,6	1		ТУ КУ-508-57
74	КО-815[c] (рков)	Ж	1	30		—	150	2	—	3	35	ГОСТ 11066—64
75	КО-85[c] (рков)			15			35	20		—	50	

*1 В скобках обозначены следующие способы нанесения покрытий: р — распылением пневматическим, компрессионным или в электростатическом поле; к — кистью; о — обливанием, окунанием; т — тампоном; и — наливанием на горизонтальную поверхность; в — валками, валиком.

*2 Б — белый; БС — бесцветный; Ж — желтый; З — зеленый; К — коричневый; Р — различные; С — серый; Ч — черный.

*3 1 — ксилол, сольвент, толуол, уайтспирит; 2 — РКБ-1 (ксилол + бутанол 1 : 1); 3 — 646, РДВ, 647, этилцеллозольв, ацетон; 4 — Р-4 (бутилацетат 12%, ацетон 26%, толуол 62%), Р-5 (бутилацетат 30%, ацетон 30%, ксилол 40%); 5 — смесь уайтспирита и ксилола 4 : 1; 6 — этиловый спирт 90%-ный; 7 — вода.

*4 Лаки, отмеченные значком[c], используют для получения серебристой эмали, смешивая их перед нанесением с 10—15% алюминиевой пудры ПАК-3 или ПАК-4.

50. Классификация и состав лакокрасочных покрытий для разных условий *1

Класс покрытия	Материал основания						Грунтовка — нижний слой	Шпатлевка — средний слой	Наружный слой	ПВ	Покрытие стойко в помещении, а также						
	СЧ	А	М	КС	БШ	ДК	№ лакокрасочного состава по табл. 49 и число слоев (в скобках)				а	пв	св	щв	кв	бм	°С
							Прозрачные покрытия										
1; 2						+	17 (1)	56, 58 (2)	57, 59	1							60
1; 2						+	17 (1)		64, 65 (1)	1	+					+	100
1; 2						+	17 (1)	62; 63 (2)	59	1	+					+	100
2						+	17 (1)		52 (4)		+						60
3		+		+					54, 61 (2)		+					+	90
3			+						55; 67		+					+	150
4	+			+					53; 54 (2)		+	+				+	90
4	+				+				66 (5)	3	+	+	+	+	+	+	90
							Черные покрытия										
4	+	+					49 (2)		50 (2)	1	+	+	+				200
4	+	+		+	+	+			46, 47 (3)	1	+	+			+		60
4	+	+		+	+	+			48 (3)	3	+	+		+			60
4	+	+		+		+	1; 4 (1)	13 (2)	21, 29 (2)	1	+					+	150
4		+	+				2; 3 (1)	13 (2)	21, 29 (2)	1	+					+	150
							Белые покрытия										
2	+					+	6 (2)		27 (2)							+	100
2		+	+	+		+	9 (2)		34 (2)		+						200
2	+	+	+				11 (1)	43 (2)	73 (1)							+	240

*1 Условные обозначения: 1. Знак «+» означает пригодность покрытия для данных материала и внешних условий.

2. Материал основания: СЧ — сталь и чугун; А — алюминиевые сплавы; М — магниевые сплавы; КС — камень и стекло; БШ — бетон и штукатурка; ДК — дерево и картон.

3. ПВ — предварительная выдержка на воздухе в сутках.

4. Покрытие стойко в помещении, а также в: а — атмосфере; пв — пресной воде; св — соленой воде; щв — щелочной воде; кв — кислой воде; бм — бензине и масле.

5. °С — Рабочая температура (не выше).

Продолжение табл. 50

Класс покрытия	Материал основания						Грунтовка — нижний слой	Шпатлевка — средний слой	Наружный слой	ПВ	Покрытие стойко в помещении, а также						
	СЧ	А	М	КС	БШ	ДК	№ лакокрасочного состава по табл. 49 и число слоев (в скобках)				а	пв	св	щв	кв	бм	°C
							Цветные гладкие покрытия										
1; 2	+	+				+	1; 4 (1)	13 (2)	22; 25 (2)	1	+	+				+	150
1; 2	+	+				+	1; 4 (1)	15 (2)	31 (3)							+	60
1; 2	+	+				+	1; 4 (1)	15 (2)	30; 32 (5)		+					+	60
1; 2		+	+				2; 3 (1)	13 (2)	22—25 (2)	1	+					+	150
1; 2		+	+				2; 3 (1)	15 (2)	30, 32 (5)		+					+	60
1; 2		+	+				2; 3 (1)	15 (2)	31 (3)								60
1; 2	+	+					1; 4 (1)		74; 75 (3)		+	+					400
1; 2		+	+				2; 3; 9 (1)	16	74; 75 (3)		+						400
2; 3		+	+				9 (1)	16	33; 34 (3)	3	+					+	150
2; 3	+	+					8 (1)	14	33; 34 (3)	3	+	+	+	+		+	150
2; 3	+	+				+	10 (2)		35—38 (3)	3	+	+	+	+	+	+	90
4				+	+	+	12		39 (2)		+						—
4	+	+		+	+	+			18 (2)	3	+						60
3	+	+		+	+	+			20 (2)	1							60
4				+	+	+			40 (2)	3							
3	+	+	+			+	11		41; 42 (2)		+	+	+	+	+	+	100
1; 2	+	+	+			+	11	43 (3)	73 (2)							+	240
							Узорчатые покрытия										
2; 3	+	+				+	1; 4 (1)	13 (2)	19 (1)								60
2; 3	+	+				+	1; 4 (1)	24; 25 (2)	26 (1)		+					+	150
2; 2		+	+				2; 3 (1)	13 (2)	19 (1)								60
2; 3		+	+				2; 3 (1)	24; 25 (2)	26 (1)		+					+	150
							Серебристые покрытия (к лаку добавляют 5—17% алюминиевой пудры ПАК-3 или ПАК-4)										
2; 3	+	+				+	1; 4 (1)	13 (2)	51 (2)	2	+						60
2; 3	+	+				+	1; 4 (1)	13 (2)	53 (2)	2	+	+					200
2; 3		+	+				2; 3 (1)	13 (2)	51 (2)	2	+						60
2; 3		+	+				2; 3 (1)	13 (2)	53 (2)	2	+	+					200
3; 4	+	+							74; 75 (2)		+	+					450
4	+				+	+			45 (2)	2	+	+					100
4					+	+			66 (4)	2	+	+	+	+	+	+	90
2; 3	+	+	+						67 (2)		+					+	120

51. Клеи и клеевые соединения [1]

Название (марка) клея	Компоненты	Срок годности	Расход в $г/м^2$	Температура нанесения в °C	Выдержка до сдавливания в *мин* [3]	Условия затвердевания: Давление в $кГ/см^2$	Условия затвердевания: Температура в °C	Условия затвердевания: Время в ч	Характеристики соединения: Рабочие температуры в °C: От	Рабочие температуры в °C: До	Прочность при 20° C: на равномерный отрыв в $кГ/см^2$	Прочность при 20° C: на сдвиг в $кГ/см^2$	Прочность при 20° C: на отдирание в $кГ/м$	стойко в среде [3]	Марки клеев, близких по составу и свойствам
Металлы, каменные материалы, стеклопласты, стекловолокно															
БФ-2	ФФС+ +ПВБ+Р					5—10	170	2		60					БФ-4, КФС-2
ФА-24	ФФС+ +ПВБ+ +АС+Р		300	20	дпв	3	200	1		100	400	300	28		—
ВК-32-250	ФФС+ +СКН40+Р	но	500	60	30	6—20				250	—	200	32		ВК-32-200, ВК-3 [2], ВК-4 [2]
ВС-10Т	ФФС+АС+ +Р						180	2		300		180		амвб	
ВС-350	ФурФС+ +АС+Р		70	20	дпв	0,6			—60	350	320	180	—		
К-105	КОС+О	—			20	5	200			350		100			К-111
ВКТ-3	КОС+ +БМА+Н	1 ч			10		—	—		400	—	—	63		ВКТ-2
ВК-6	КОС+ +ФФС+Н	2 м	—	—		—	200	3		500		131	11	абм	ВК-2
МАТИ-К-2	ЭС+ДЦА+ +Н+Р	—					160	4		60	700	—	—	—	—

[1] Все условные обозначения см. в конце таблицы.

Продолжение табл. 51

Название (марка) клея	Компоненты	Срок годности	Расход в $г/м^2$	Температура нанесения в °С	Выдержка до сдавливания в *мин* *²	Условия затвердевания: Давление в $кГ/см^2$	Условия затвердевания: Температура в °С	Условия затвердевания: Время в *ч*	Характеристики соединения: Рабочие температуры в °С: От	Рабочие температуры в °С: До	Прочность при 20° С: на равномерный отрыв в $кГ/см^2$	Прочность при 20° С: на сдвиг в $кГ/см^2$	Прочность при 20° С: на отдирание в *кГ/м*	стойко в среде *³	Марки клеев, близких по составу и свойствам
Эпоксид П*²	$ЭС_{тв}$+О	но	—	120			200	1		100	480	350	19	вб	Эпоксид Пр
ВК-32-ЭМ	ЭС+АДК++Н	5 с	250			0,5	150	3		60	450	250	20	амб	
ВК-1	ЭС+О+Н	—		20	—			1	—60	150	911	211	24	—	
К-153	ЭС+Т++ГДА+ПЦ	4 ч	—				20	18		100	250	120	—	амб	
МПФ-1*²	МПА++ФФС+Р	но		—	1—5	1—5	155	1		60	318	175	65	амвб	—
Карбинольный	КС+ПБ++ПЦ+Р	2 ч	200	20	0,5	0,5	20	6	—20	80	—	300	10	амб	
ПК-5	АП+МГФ9++ПЦ+Р	48 ч	250		40		80		—	—		150	—		
Дерево, картон, фибра, ревктопласты															
ВИАМ Б-3	ФФС++КК+Р	3 ч	400	20	10	—5	20	6	—60	60	—	130	—	авбм	КБ-3, КР-4, ЦНИИМОД
ФР-12	РФС+О++вода		250			—3	60	2	—45	100		200			
К-17	МФС+О++вода		300					6				130		—	М-70, МХ-4
В-105	Каз+ШД++вода	6 ч	450			—5	20	8				100			Экстра, ОБ, фосфатный

Продолжение табл. 51

Название (марка) клея	Компоненты	Срок годности	Расход в $г/м^2$	Температура нанесения в °С	Выдержка до сдваивания в *мин* *³	Условия затвердевания: Давление в $кГ/см^2$	Условия затвердевания: Температура в °С	Условия затвердевания: Время в *ч*	Рабочие температуры в °С: От	Рабочие температуры в °С: До	Прочность при 20° С: на равномерный отрыв в $кГ/см^2$	Прочность при 20° С: на сдвиг в $кГ/см^2$	Прочность при 20° С: на отдирание в $кГ/м$	Стойко в среде *³	Марки клеев, близких по составу и свойствам
Казеино-цементный	То же+ПЦ	5 м	750	20	—	—5	20	12	—	—	—	70	—	—	Костный
Мездровый	Гл+вода	ио			10			4				90			
Ткани, кожа друг с другом и на дерево, металл															
ПФЭ 2/10 *²	МПА+Р+О		—	—	—	1	20	12	—60	60	—	60	60	абм	—
БФ-6	ПВБ+ +ФФС+Р	но	300	80	20		180	2			60		—	—	ПВБ К-1 *²
ПВЭ-15 *²	ПВЭ		150		—	0,2		2	—			—			Раствор ПВА
АМК	ПЭС+ +Сик+Р		200		120			24		—	—		75	абм	—
Л-4	ЭС+ДБА+ +ППА	1 г	500		15	1		72	—				—		
АК-20	НЦ+ЭГ+Р	—	700	20	—	0,1	20	8		60	133	60	60	авбм	АГО, стабилин
88	ХК+ +БФФС+Р	ио	600		10	0,2		48		13	—	200	—		88н
ПУ-2	ТДИ+ПЭ	2 ч	—		—	1	100	4	—50	60		43		абм	
Резины друг с другом															
4Н Торговый	ХК+Р НК+Р	ио	200	20	45	0,1	20	8 —		50			4	ав	—

Продолжение табл. 51

Название (марка) клея	Компоненты	Срок годности	Расход в $г/м^2$	Температура нанесения в °С	Выдержка до сдавливания в мин*³	Условия затвердевания: Давление в $кГ/см^2$	Условия затвердевания: Температура в °С	Условия затвердевания: Время в ч	Характеристики соединений: Рабочие температуры в °С: От	Рабочие температуры в °С: До	Прочность при 20° С: на равномерный отрыв в $кГ/см^2$	Прочность при 20° С: на сдвиг в $кГ/см^2$	Прочность при 20° С: на отдирание в кГ/м	стойко в среде*³	Марки клеев, близких по составу и свойствам
4508	НК+ВД+Р	2 г	200	20	45	1—2	143	0,5		50				ав	—
ВИ-4-18Б	СКН-40++ФФС+Р	но	—	—	15	0,1	20	8		50			5		—
НС-30	СКН10++ФКФ+Р	но	200	20	15	0,1	20	8		50			2,5	—	НС-С-15к
То же, с металлами и другими твердыми материалами															
Лейконат Б-10	ТТИЦ+Р СКН-ФКФ++Р	но	—	20 80	40 30	0,1 —2	143	0,5	—40	150 —	—	—	40	вмб	—
Термопреновый	Термопрен++бензин			—	—	—	—	—	—40	50	—	—	5	—	КТ
Органическое стекло															
ВК 32-70а	ПЭА+Сик++ПБ	4 ч	150	—	—	0,1	65	4	—60	60	250	250		авбм	ВК 32-70б
Бумага															
Декстриновый	Декстрин++вода		500	20	—	0,1	20	0,1	—	—	—	—	—	аб	Крахмальный
Метилцеллюлозный	Метилцеллюлоза+вода	но	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Карбоксиметилцеллюлозный

Продолжение табл. 51

Название (марка) клея	Компоненты	Срок годности	Расход в $г/м^2$	Температура нанесения в °С	Выдержка до сдавливания в *мин* *3	Условия затвердевания			Характеристики соединения						Марки клеев, близких по составу и свойствам
						Давление в $кГ/см^2$	Температура в °С	Время в *ч*	Рабочие температуры в °С		Прочность при 20° С			стойко в среде *2	
									От	До	на равномерный отрыв в $кГ/см^2$	на сдвиг в $кГ/см^2$	на отдирание в $кГ/м$		
Поливиниловый КЗ	Поливиниловый спирт + + вода	но	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Силикатный	Силикат натрия + вода	но	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

*2 Клеи, используемые и в виде жидких составов и в виде пленок.
*3 дпа — выдержка до полного высыхания.

Обозначения: 1. *Компоненты клея*: ФФС — фенольно-формальдегидная смола; ПВБ — поливинилбутираль; Р — растворители смол; СКН-40, СКН-10 — нитрильные каучуки; АС — алкоксисилан; ФурФС — фурфурольно-фенольная смола; КОС — кремнийорганическая смола; О — отвердители разные; БМА — бутилметакрилат; Н — наполнители разные; ЭС — эпоксидная смола; ДЦА — дициандиамид; $ЭС_{тв}$ — твердая эпоксидная смола; АДК — ангидрид двухосновной кислоты; Т — тиокол; ГДА — гексаметилендиамин; ПЦ — портландцемент; МПА — метилолполиамидная смола; МГФ9 — марка производного акриловой кислоты; КК — керосиновый контакт; РФС — резорцино-формальдегидная смола; МФС — мочевино-формальдегидная смола; КС — карбинольный сироп; ПБ — перекись бензоила, АП — акриловый полимер; Каз — казеин; ЩД — щелочные добавки для растворения казеина в воде; Гл — глютин (сухая техническая желатина); ПВЭ — поливинилацетатная эмульсия (дисперсия); ПЭС — полиэфирная смола; Сик — сиккатив; ДБФ — дибутилфталат, ППА — полиэтилен-полиамин; НЦ — нитроцеллюлоза; ЭГ — эфир гарпиуса (смола); ХК — хлоропреновый каучук (найрит); БФФС — бутилфенольно-формальдегидная смола; ТДИ — толуилен диизоцианат; ПЭ — полиэфир; НК — натуральный каучук; ВД — вулканизирующие добавки; ФКФ — марка смолы; ТТИЦ — трифенилметантриизоцианат; ПЭА — полиэфиракрилат.

2. *Срок годности*: ч — час; с — сутки; м — месяц; г — год; но — неограничен.

3. *Среда*: а — атмосфера; в — вода и водные растворы, кроме сильно щелочных и кислых; б — бензин; м — масло.

52. Индустриальные и автотракторные масла для смазки металлорежущих станков

Наименование и марка масла	Показатели качества		Температура в °C		ГОСТ	Область применения
	Кинематическая вязкость при 50° C	Зольность в %	вспышки	застывания		
Масло для высокоскоростных механизмов Л (велосит)	4,0—5,1		112	—25	1840—51*	Точные механизмы с малой нагрузкой, работающие с числом оборотов 15—20 тыс. в минуту (высокоскоростные шпиндели токарных, шлифовальных и других станков)
Т (вазелиновое)	5,1—8,5	0,005	125	—20		Механизмы с малой нагрузкой с числом оборотов 10—15 тыс. в минуту
Приборное МВП	6,3—8,5		120	—60	1805—51*	Контрольно-измерительные приборы, работающие при низких температурах
Индустриальное выщелоченное 20В (веретенное 3В)	17—23	0,007	170	—15	2854—51	Станки и оборудование с проточной системой смазки
Индустриальное выщелоченное 45В (машинное СВ)	38—52		180	—8	—	
Масло цилиндровое легкое 11 (цилиндровое 2)	9—13	0,007	215	+8	1841—51	Станки, работающие с большой нагрузкой и малой скоростью; червячные передачи тяжелых станков
Автол 10	Не менее 10	0,02	200	—25		
Автол 18	Не менее 15	0,025	215	—5	1862—63	Высоконагруженные червячные передачи и механизмы, работающие в условиях высоких нагрузок и температур

Продолжение табл. 52

Наименование и марка масла	Показатели качества		Температура в °С		ГОСТ	Область применения
	Кинематическая вязкость при 50° С	Зольность в %	вспышки	застывания		
Трансформаторное	Не более 9,6	0,005		—45	982—56*	Коробки сопротивлении для шлифовальных станков с магнитным столом
Сепараторное Л	6,0—10,0		135		176—50	Механизмы с малой нагрузкой с числом оборотов 10—15 тыс. в минуту
Сепараторное Т	14,0—17,0	—	165	—5	—	Механизмы, работающие со средними или малыми нагрузками при больших скоростях
Индустриальное 20 (веретенное 3)	17—23		170	—20		Станки малого и среднего размера, работающие при повышенных скоростях
Индустриальное 30 (машинное Л)	27—33		180	—15		Крупные и тяжелые станки
Индустриальное 45 (машинное С)	38—52	0,007	190	—10	1707—51	Тяжелые станки, работающие при малых скоростях
Индустриальное 12 (веретенное 2)	10,0—14,0		165	—30		Шпиндели шлифовальных станков с числом оборотов до 10 тыс. в минуту: гидравлические системы станков; подшипники электродвигателей

53. Консистентные смазки для металлорежущих станков

Наименование и марка смазки	Показатели качества: Вязкость масла, входящего в смазку при 50° С	Показатели качества: Температура каплепадения в °С, не ниже	Показатели качества: Степень густоты при 25° С	ГОСТ	Область применения
Универсальные среднеплавкие смазки					
Пресс-солидол «С»	1000 при 0° С	—	—	4366—64	Трущиеся пары станков и электродвигателей при температуре не свыше 60° С, в условиях высокой влажности
Солидол «С» смазка УС — автомобильная	2000 пз при 0° С	—	—		
УС-2 (солидол жировой Л)	17—40	75	230—290		То же, при температуре не свыше 55—65° С
УС-3 (солидол жировой Т)	27—52	90	150—220		
Универсальные тугоплавкие смазки					
УТс-1 (консталин синтетический)	19—45	130	225—275	—	Подшипники электродвигателей и других трущихся пар станков при температуре не свыше 120° С, в условиях нормальной влажности
УТс-2 (консталин синтетический)	19—53	151	172—225		
УТ-1 (консталин жировой)	19—45	130	225—275	1957—52	Подшипники электродвигателей и других трущихся станков при температуре свыше 135° С
УТВ универсальная водостойкая жировая	19	120	250—290	1631—61	
Универсальные низкоплавкие смазки					
УНЗ (пушечная смазка)	40	50		3005—51 *	Смазка механизмов и защита от коррозии металлических поверхностей
УН (вазелин технический)	20	54	—	782—59 *	Смазка механизмов при температурах не свыше 50° С от коррозии металлических поверхностей
Предохранительный состав ПП-95/5	—	55		4113—48 *	Защита от коррозии металлических поверхностей

54. Торговые и химические названия, формулы и основные свойства наиболее употребимых химических продуктов и некоторых неорганических соединений, используемых на машиностроительных заводах

Название	Формула	Основные свойства
Азотная кислота	HNO_3	Бесцветная дымящаяся жидкость с резким запахом, неограниченно растворяется в воде. Сильный окислитель, на коже вызывает ожог
Аммиак	NH_3	Бесцветный газ с резким запахом, очень хорошо растворяется в воде с образованием нашатырного спирта
Асбест	Силикаты Ca и Mg	Волокнистое серое вещество с высокой теплостойкостью ($t_{пл} = 1500°$ C) и кислотостойкостью, с низкой тепло- и электропроводностью
Ацетилен	C_2H_2	Бесцветный газ со слабым характерным запахом; горюч, в смеси с воздухом образует взрывчатую смесь. Для технических целей получают из карбида кальция
Ацетон	C_3H_6O	Бесцветная быстроиспаряющаяся горючая жидкость с характерным запахом; растворяет жиры, смолы
Бензин (смесь легких углеводородов, получаемых из нефти)	C_nH_{2n+2}	Жидкость с характерным запахом; огне- и взрывоопасна; хорошо растворяет жиры и масла
Бензол	C_6H_6	Бесцветная легкая огнеопасная жидкость с характерным запахом; растворяет жиры, смолы, каучук
Тетраборат натрия (бура)	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	Белое кристаллическое вещество; хорошо растворяется в воде
Тиосульфат натрия (гипосульфит)	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	Белое кристаллическое вещество; хорошо растворяется в воде
Глицерин	$C_3H_8O_3$	Бесцветная вязкая жидкость, сладкая; растворяется в воде и спирте

Продолжение табл. 54

Название	Формула	Основные свойства
Гидрат окиси натрия (едкий натр или каустическая сода)	$NaOH$	Бесцветная непрозрачная кристаллическая масса; хорошо растворяется в воде с выделением тепла
Карбид кальция	CaC_2	Твердое серое вещество (кусками), при соединении с водой разлагается с выделением ацетилена
Углекислая соль (безводная); кальцинированная сода	Na_2CO_3	Бесцветный порошок; хорошо растворяется в воде
Кристаллогидрат сернокислой меди (медный купорос)	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	Твердое кристаллическое вещество синего цвета; хорошо растворяется в воде, ядовито
Хлористый аммоний (нашатырь)	NH_4Cl	Белый порошок без запаха, остро соленого вкуса, растворим в воде
Водный раствор аммиака (нашатырный спирт)	—	Прозрачная жидкость с резким запахом аммиака
Хлористый натрий (поваренная соль)	$NaCl$	Белое кристаллическое вещество, соленого вкуса, хорошо растворимое в воде
Калий углекислый (поташ)	K_2CO_3	Бесцветные кристаллы, хорошо растворяются в воде
Метан (рудничный газ)	CH_4	Газ без цвета и запаха, с воздухом образует взрывоопасную смесь
Серная кислота	H_2SO_4	Бесцветная маслянистая жидкость, сильно поглощает воду с выделением большого количества тепла. Обугливает многие органические вещества, на коже вызывает болезненные ожоги
Углекислая соль (сода кристаллическая)	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	Бесцветный порошок; хорошо растворяется в воде
Уксусная кислота	$C_2H_4O_2$	В безводном состоянии бесцветные кристаллы, хорошо растворяются в воде. 80%-ный раствор называется уксусной эссенцией
Хлорид цинка (хлористый цинк)	$ZnCl_2$	Бесцветные гигроскопические кристаллы; хорошо растворяются в воде

ГЛАВА 3

ЭЛЕМЕНТЫ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

КОНУСЫ

Углом при вершине конуса 2α называется угол между двумя образующими конуса в осевом сечении;

Углом уклона α называется угол между образующей и осью конуса или половина угла при вершине.

Конусностью k называется отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними.

В производстве применяются конусности нормального и специального назначения (табл. 1).

Уклоном i называется величина, равная половине конусности.

Величины расчетных значений элементов конусов определяют по формулам, приведенным в табл. 2, а по табл. 1 и 3—7 подбирают соответствующие стандартные конусы, величины элементов которых должны быть близкими к расчетным.

РЕЗЬБЫ

Резьбы подразделяются на цилиндрические и конические, последние применяются в тех случаях, когда требуется плотность (непроницаемость) соединения.

Цилиндрические резьбы (табл. 8, рис. 1) делятся на *метрические* и *специальные*. К числу специальных относятся дюймовая трубная, трапецеидальная, упорная и некоторые другие.

Основными параметрами резьбы являются средний, наружный и внутренний диаметры, шаг и угол профиля резьбы.

Средний диаметр d_2 резьбы — диаметр воображаемого цилиндра, соосного с резьбой, поверхность которого пересекает витки так, что ширина витков равна ширине впадин.

Наружный диаметр d резьбы — диаметр цилиндра, проходящего через вершины наружной и внутренней впадины резьбы.

Внутренний диаметр d_1 резьбы — диаметр цилиндра, проходящего через впадины наружной и вершины внутренней резьбы.

Шаг резьбы S — расстояние между параллельными сторонами двух соседних витков, измеренное вдоль оси.

Угол профиля α — угол между боковыми сторонами профиля, измеренный в плоскости, проходящей через ось резьбы.

Высота профиля h — высота плоскосрезанного номинального профиля. Высота исходного треугольного профиля обозначается H.

1. Нормальные конусности (ГОСТ 8593—57)

Конусность	Обозначение	Угол конуса 2α	Угол уклона α	Примеры применения
1 : 200 1 : 100	1 : 200 1 : 100	0°17′11″ 0°34′23″	0°8′36″ 0°17′11″	Конические оправки Клиновые шпонки
1 : 50	1 : 50	1°8′45″	0°34′23″	Конические штифты, хвостовики калибров пробок
1 : 30	1 : 30	1°54′35″	0°57′18″	Конусы насадных разверток и зенкеров и оправок для них
1 : 20	1 : 20	2°51′51″	1°25′56″	Метрические конусы
1 : 15	1 : 15	3°49′06″	1°54′33″	Посадочные места под зубчатые колеса шпинделей
1 : 12	1 : 12	4°46′19″	2°23′09″	Закрепительные втулки для шарико- и роликоподшипников
1 : 10	1 : 10	5°43′29″	2°51′45″	Концы валов электродвигателей, центры упорные для тяжелых станков и конусы инструментов
1 : 8	1 : 8	7°09′10″	3°34′35″	Конические оси, полуоси, валики и штуцеры
1 : 7	1 : 7	8°10′16″	4°05′08″	Пробки кранов, центры упорные для тяжелых станков, конусы инструментов
1 : 5	1 : 5	11°25′16″	5°42′38″	Концы валов для крепления аппаратуры в автомобильной промышленности, легкоразборные соединения, конические хвосты цапф, фрикционные конические муфты
1 : 3	1 : 3	18°55′29″	9°27′44″	Концы шлифовальных шпинделей с наружным конусом
1 : 1,866	30°	30°	15°	Конусы цанговых оправок для зажима по наружной поверхности, конусы копирных пальцев
1 : 1,207	45°	45°	22°30	Потайные и полупотайные головки заклепок

Продолжение табл. 1

Конусность	Обозначение	Угол конуса 2α	Угол уклона α	Примеры применения
1 : 0,866	60°	60°	30°	Центры станков, центровые отверстия, установочные пальцы, конусы центрирующих устройств
1 : 0,652	75°	75°	37°30	Наружные центры у метчиков и разверток малых диаметров
1 : 0,500	90°	90°	45°	Клапаны автотракторных двигателей, потайные головки винтов по металлу и дереву, конусы центровых оправок
1 : 0,289	120°	120°	60°	Предохранительный конус у центровых отверстий, клапаны автотракторных двигателей, наружные и внутренние фаски гаек и головок винтов, гнезда под сферические шайбы

2. Формулы для определения элементов конусов



Элементы конуса	Обозначение	Формулы для вычисления элементов конуса
Наибольший диаметр конуса	D	$D = kl + d;\quad D = 2l\cdot\operatorname{tg}\alpha + d$
Наименьший диаметр конуса	d	$d = D - kl;\quad d = D - 2l\cdot\operatorname{tg}\alpha$
Длина конуса	l	$l = \frac{D-d}{k};\quad l = \frac{D-d}{2\operatorname{tg}\alpha}$
Угол уклона	α	$\operatorname{tg}\alpha = \frac{D-d}{2l};\quad \operatorname{tg}\alpha = \frac{k}{2}$
Конусность	k	$k = \frac{D-d}{l};\quad k = 2\operatorname{tg}\alpha$
Уклон конуса	i	$i = \frac{k}{2};\quad i = \frac{D-d}{2l};\quad i = \operatorname{tg}\alpha$

3. Конусы Морзе (по ГОСТу 2847—57)**

Размеры в *мм*

Обозначение	Конусность	Угол $\alpha/2$	Наружные конусы: с лапкой D_1	D	d_2	l_4	l_3	без лапки D_1	D	d	l_2	l_1	Внутренние конусы D	d_6	l_5
0	1 : 19,212=0,05205	1°29′27″	9,2	9,045	6,1	59,5	56,5	9,2	9,045	6,4	53	50	9,045	—	52
1	1 : 20,047=0,04988	1°25′63″	12,2	12,065	9	65,5	62,0	12,2	12,065	9,4	57	53,5	12,065	7,0	56
2	1 : 20,020=0,04995	1°25′76″	18	17,780	14	80	75	18	17,780	14,6	69	64,0	17,780	11,5	67
3	1 : 19,922=0,05020	1°26′16″	24,1	23,825	19,1	99	94	24,1	23,825	19,8	86	81	23,825	14,0	84
4	1 : 19,254=0,05194	1°29′15″	31,6	31,267	25,2	124	117,5	31,6	31,267	25,9	109	102,5	31,267	18	107
5	1 : 19,002=0,05263	1°30′27″	44,7	44,399	36,5	156	149,5	44,7	44,399	37,6	136	129,5	44,399	23,0	135
6	1 : 19,180=0,05214	1°29′56″	63,8	63,348	52,4	218	210	63,8	63,348	53,9	190	182	63,348	27,0	188

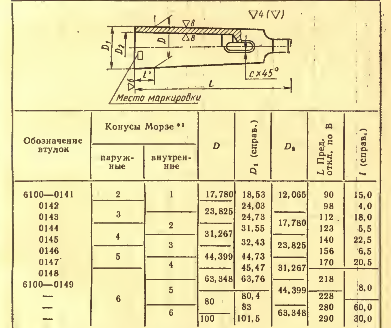
4. Конусы метрические (по ГОСТу 2847—67)***

(Размеры в *мм*)

Обозначение *1	Наружные конусы										Внутренние конусы		
	с лапкой					без лапки							
	D_1	D	d_2	l_4	l_3	D_1	D	d	l_2	l_1	D	d_6	l_5
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	3	25
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	4,6	34
80	80,4	80	69	228	220	80,4	80	70,2	204	196	80	71,5	202
100	100,5	100	87	270	260	100,5	100	88,4	242	232	100	90,0	240
120	120,6	120	105	312	300	120,6	120	106,6	280	268	120	108,5	276
160	160,8	160	141	396	380	160,8	160	143,0	356	340	160	145,5	350
200	201,0	200	177	480	460	201,0	200	179,4	432	412	200	182,4	424

*1 Для всех конусов: конусность 1 : 20 = 0,05; угол $\alpha_2 = 1°25'75,5''$

5. Втулки переходные короткие для инструмента с коническим хвостовиком (по ГОСТу 13598—68)



Обозначение втулок	Конусы Морзе *1		D	D_1 (справ.)	D_2	L Пред. откл. по В	l (справ.)
	наружные	внутренние					
6100—0141	2	1	17,780	18,53	12,065	90	15,0
0142	3		23,825	24,03		98	4,0
0143		2		24,73	17,780	112	18,0
0144	4		31,267	31,55		123	5,5
0145		3		32,43	23,825	140	22,5
0146	5		44,399	44,73		156	6,5
0147		4		45,47	31,267	170	20,5
0148	6		63,348	63,76		218	8,0
6100—0149		5			44,399		
—			80	80,4		228	
—		6		83	63,348	280	60,0
—			100	101,5		290	30,0

*1 Для поверхностей внутренних конусов Морзе 1 и 2 допускается шероховатость 7-го класса чистоты по ГОСТ 2789—59.

6. Втулки переходные длинные для инструмента с коническим хвостовиком (по ГОСТу 13599—68)

Исполнение I

Исполнение II

Исполнение	Конусы Морзе *1 наружные	Конусы Морзе *1 внутренние	D	D_1 (справ.)	D_2	D_3	L	l	l_1	l_2
II	2	1	17,780	—	12,065	20	160	75,0	—	84
		2			17,780	30	175			
I	3	1	23,825	24,1	12,065	20		94,0	99	—
II		2		—	17,780	30	195		—	103
		3			23,825	36	215			
I	4	2	31,267	31,6	17,780	30		117,6	124	—
II		3		—	23,825	36	240		—	128
		4			31,267	48	265			
I	5	3	44,399	44,7	23,825	36	270	149,5	156	—
II		4		—	31,267	48	300		—	163
		5			44,399	63	335			
I	6	4	63,348	63,8	31,267	48	355	210,0	218	—
		5			44,399	63	390			
	80	5	80	80,4			400	220,0	228	
		6			63,348	80	460			
	100	5	100	100,5	44,388	63	450	260,0	270	
		6*			63,348	80	510			

*1 Для поверхностей внутренних конусов Морзе 1 и 2 допускается шероховатость 7-го класса чистоты по ГОСТу 2789—59.

7. Центровые отверстия (по ГОСТу 14034—68)

1. Формы *A*, *B* и *R* [*1]

$D_{наим}$	$d_{номин}$	d_1		d_2	L		L_1	l	l_1	l_2	a	a_1	r
А и Б		А	Б	А	не менее А	не менее Б	не менее	номинал А	номинал А	не менее А	А и Б	А	Б
2	(0,5)	0,96	1,6	—	1,2	1,4	—	0,4	—	—	2	—	2
2,5	(0,63)	1,2	1,8		1,4	1,6		0,5			2,2		
3	0,8	1,55	2	2,6	1,75	1,8	2,05	0,65	0,95	0,3	2,5	2,8	2,5
4	1	2	2,5	3,4	2,2	2,2	2,6	0,9	1,3	0,4	3	3,5	3,15
5	(1,25)	2,4	3,15	4,1	2,6	2,8	3,1	1,0	1,5	0,5	4	4,5	4
6	1,6	3,1	4	4,8	3,3	3,5	3,8	1,3	1,8		5	5,5	5
10	2	4	5	6	4,2	4,5	4,8	1,7	2,3	0,6	6	6,5	6,3
14	2,5	5	6,3	7,8	5,3	5,5	6,1	2,2	3	0,8	7	8	8
20	3,15	6,4	8	9,5	6,7	7	7,6	2,8	3,7	0,9	9	10	10
30	4	7,9	10	12,1	8,4	9	9,6	3,4	4,6	1,2	11	12,5	12,5
40	5	10	12,5	15,5	10,6	11	12,2	4,3	5,7	1,6	14	15,5	16
60	6,3	12,5	16	18,8	13,4	14	15,2	5,4	7,2	1,8	18	20	20
80	8	16	20	23	17,1	18	19,1	7	9	2,0	22	24	25
100	10	19,2	25	27,9	21,4	22	23,9	8,6	11,1	2,5	28	30,5	31,5
120	12	24	—	32,6	25	—	27,5	10,4	12,9		32	34,5	—
160	16	32		42	33		36	13,84	16,8	3	40	43	

Продолжение табл. 7

II. Форма P

Обозначение конусов: Морзе по ГОСТу 2847—67**	Обозначение конусов: Укороченные Морзе по ГОСТу 9953—67**	1 : 10 По ГОСТу 7343—55	1 : 7 По ГОСТу 7343—55	7 : 24 Номер конца шпинделя по ГОСТу 836—62*	d	d_1 (пред. откл. по $А_7$)	d_2	d_3	L, не менее	l	l_1	l_2, не менее
1	1в	—	—	—	М6	6,4	8	8,5	16	3,5	1,53	—
2	2в				М10	10,5	12,5	13,2	24	4,4	1,9	0,6
3	3в			1	М12	13	15	17	28	6	2,3	
4	4в			2	М16	17	20	22	32	8	3,2	
5	5в	80 (90)	80 (90)	—	М20	21	26	30	40	10	5,2	1,1
6		—	—	3	М24	25	31	36	50	11	6,6	1,4

*[1] Условные обозначения в головке таблицы: А — для форм *A* и *B*; Б — для формы *R*.

Примечания: 1. Размеры, заключенные в скобки, рекомендуется не применять.

2. Для режущего инструмента (метчики, развертки и т. д.) за наименьший диаметр принимают диаметр сердцевины инструмента.

Длина скручивания l равна длине соприкосновения поверхности винта и гайки, измеренной вдоль оси.

Резьбы подразделяются по направлению витков на правые и левые, а по количеству заходов — на одноходовые и многоходовые (многозаходные).

Допуски резьбовых сопряжений приведены на стр. 358—364.

Конические резьбы (см. табл. 8). Диаметральные размеры устанавливаются в основной плоскости, которая перпендикулярна оси и отстоит от торца трубы на определенном расстоянии, указанном в стандарте.

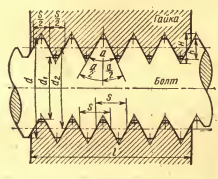


Рис. 1

Понятия наружный, средний и внутренний диаметры имеют тот же смысл, что и для цилиндрической резьбы. Шаг резьбы — одинаковый для всего соединения, измеряется вдоль оси.

Метрическая резьба наиболее широко распространена в СССР для всех резьбовых соединений. ГОСТ подразделяет метрические резьбы на 3 группы:

1) резьбы с крупным шагом для диаметров от 1 до 68 *мм* (ГОСТ 9150—59);

2) резьбы с мелким шагом для диаметров от 1 до 600 *мм* (ГОСТ 8724—58);

3) резьбы метрические для диаметров от 0,25 до 0,9 *мм* (ГОСТ 9000—59).

Метрические резьбы с крупным и мелким шагом отличаются между собой величиной шага при одном и том же номинальном диаметре резьбы.

Угол профиля метрических резьб 60°.

Вершины профиля болта и гайки плоскосрезанные, впадины — могут быть плоскосрезанными или закругленными радиусом $r = \frac{H}{6} = 0{,}144S$; наименьший допустимый радиус закругления $r_{наим} = \frac{H}{8} = 0{,}1085S$.

8. Типы приме

Тип резьбы	Условные обозначения	Размеры, которые указываются на чертеже	Примеры обозначения на чертежах	Наружный диаметр в *мм* или дюймах
Метрическая: с крупным шагом	*М*10	Наружный диаметр резьбы	М10 кл. 1	1—68
с мелким шагом	*М*10×1	Наружный диаметр резьбы и тип резьбы	М10×1; кл. 2	1—600
Дюймовая с углом профиля 55°	—	Наружный диаметр резьбы в дюймах	1″ кл. 3	3/16—4″ (4,762—101,600 *мм*)
Дюймовая коническая с углом профиля 60°	*К*	Условное обозначение резьбы в дюймах	К 1″ ГОСТ 6111—52	1/16—2″ (7,865—60,092 *мм*)
Трубная цилиндрическая	*Труб*	Условное обозначение в дюймах	Труб 1″ кл. 2	1/8—6″ (9,729—163,836 *мм*)
Трубная коническая	*К Труб*	Условное обозначение в дюймах	*К Труб* 1″ ГОСТ 6211—69	1/8—6″ (9,729—163,836 *мм*)
Трапецеидальная: однозаходная	*Трап*	Наружный диаметр и шаг	*Трап* 60×12 кл. 2	10—640
многозаходная	*Трап*	Наружный диаметр, число заходов и шаг резьбы	*Трап* 60×12×12	
Упорная: крупная нормальная мелкая	*Уп*	Наружный диаметр и шаг	Уп60×12	22—400 22—300 10—650
Резьба круглая для цоколей и патронов электрических ламп	*Ц*	Наружный диаметр	Ц27	9,86—39,05
Модульная резьба	—	—	—	—
Прямоугольная резьба	—	—	—	*d*

*¹ Таблица составлена для резьб наиболее распространенных типов.

няемых резьб *1

Шаг резьбы в мм	ГОСТ	Классы или степени точности	ГОСТ на точность	Область применения
0,25—6,0 0,20—6,0	9150—59 8724—58	1, 2, 2а, 3	9253—59	Крепежные соединения (винты, болты, гайки), соединения тонкостенных деталей при малой длине свинчивания, регулировочные устройства
1,058—8,467	ОСТ НКТП 1260	2,3	ОСТ НКТП 1261 и 1262	Крепежные соединения
0,941—2,209	6111—52	—	6111—52	Топливные, масляные, водяные и воздушные трубопроводы машин и станков
0,907—2,309	6357—52	2,3	6357—52	Соединения труб, арматуры, трубопроводов и фитингов
0,907—2,309	6211—69	—	6211—69	Соединения труб повышенной плотности (непроницаемости)
2—24	9484—60	Гайка 1, 2, 3 винт 1, 2, 3, 3Х	9562—60	Для передачи силы движения (ходовые винты станков грузовые винты и т. д.)
8—48 5—24 2—24	10177—62	—	10177—62	В механизмах с большим односторонним давлением (рабочие винты прессов, нажимные винты прокатных станков и т. д.)
1,814—6,350	6042—51	—	6042—51	Для цоколей и патронов электрических ламп
$\pi m = 3,14m$	—	—	—	Червячные передачи
0,2d	—	—	—	Для грузовых и ходовых винтов

Между вершинами и впадинами профиля обязателен зазор.
Рабочая высота профиля $h = 0{,}54125S$.
Размеры метрических резьб приведены в табл. 9 и 10.
Дюймовая резьба (табл. 10 и 11) имеет профиль в виде равнобедренного треугольника с углом 55°; вершины и впадины этого профиля плоско срезаны. Между впадиной и вершиной резьбы имеется зазор. У вершины болта он численно равен половине верхнего отклонения наружного диаметра болта $\left(\frac{c'}{2}\right)$, у вершины гайки — половине нижнего отклонения внутреннего диаметра гайки $\left(\frac{e'}{2}\right)$. Угол профиля — 55°.

Рабочая высота профиля $h = 0{,}6403S - \left(\frac{e'}{2} + \frac{c'}{2}\right)$.

Шаг дюймовой резьбы выражается числом ниток на один дюйм.

9. Метрическая резьба *1

А. Для диаметров 1—600 *мм*
(по ГОСТам 9150—59* и 8724—58)

Диаметр резьбы			Шаг резьбы S *2	Высота профиля h
наружный (номинальный) d	средний d_2	внутренний d_1		
1,0	0,838 0,870	0,730 0,783	0,25к 0,20м	0,135 0,108
1,1	0,938 0,970	0,830 0,883	0,25к 0,20м	0,135 0,108
1,2	1,038 1,070	0,930 0,983	0,25к 0,20м	0,135 0,108
1,4	1,205 1,270	1,075 1,188	0,30к 0,20м	0,162 0,108
1,6	1,378 1,470	1,221 1,383	0,35к 0,20м	0,189 0,108
1,8	1,573 1,670	1,421 1,583	0,35к 0,20м	0,189 0,108
2,0	1,740 1,838	1,567 1,730	0,40к 0,25м	0,216 0,135
2,2	1,908 2,038	1,713 1,930	0,45к 0,25м	0,243 0,135
2,5	2,208 2,273	2,013 2,121	0,45к 0,35м	0,243 0,189
3,0	2,675 2,773	2,459 2,621	0,50к 0,35м	0,270 0,189
3,5	3,110 3,273	2,850 3,121	(0,60) к 0,35м	0,325 0,189
4,0	3,546 3,675	3,242 3,459	0,70к 0,50м	0,379 0,270
4,5	4,013 4,175	3,688 3,959	(0,75) к 0,50м	0,406 0,270

*1 Диаметры и шаг резьбы, указанные в скобках, по возможности не применять.
*2 Везде в таблице: к — крупный; м — мелкий.
Начиная с номинального диаметра резьбы 70 и до конца таблицы шаг резьбы мелкий и условный знак м опущен.

Продолжение табл. 9

Диаметр резьбы			Шаг резьбы S *[2]	Высота профиля h
наружный (номинальный) d	средний d_2	внутренний d_1		
5,0	4,480 4,675	4,134 4,459	0,80к 0,50м	0,433 0,270
(5,5)	5,175	4,959	0,50м	0,270
6	5,350 5,675 5,513	4,918 6,459 6,188	1,0к 0,50м 0,75м	0,541 0,270 0,406
7	6,350 6,675 6,513	5,918 6,459 6,188	1,0к 0,60м 0,75м	0,541 0,270 0,406
8	7,188 7,675 7,513 7,350	6,647 7,459 7,188 6,918	1,25к 0,50м 0,75м 1,0м	0,676 0,270 0,406 0,541
9	8,188 8,675 8,513 8,350	7,647 8,459 8,188 7,918	(1,26) к 0,60м 0,75м 1,0м	0,676 0,270 0,406 0,541
10	9,026 9,675 9,513 9,350 9,188	8,376 9,459 9,188 8,918 8,647	1,5к 0,60м 0,75м 1,0м 1,25м	0,812 0,270 0,406 0,641 0,676
11	10,026 10,675 10,513 10,350	9,37 10,459 10,188 9,918	(1,5) к 0,50м 0,76м 1,0м	0,812 0,270 0,406 0,541
12	10,863 11,675 11,513 11,360 11,188 11,026	10,106 11,459 11,188 10,918 10,647 10,376	1,75к 0,50м 0,76м 1,0м 1,25м 1,5м	0,947 0,270 0,406 0,541 0,676 0,812
14	12,701 13,675 13,513 13,350 13,188 13,026	11,836 13,459 13,188 12,918 12,647 12,376	2,0к 0,50м 0,75м 1,0м 1,25м 1,5	1,082 0,270 0,406 0,541 0,676 0,812
15	14,350 14,026	13,918 13,376	(1,0) м 1,5м	0,541 0,812
16	14,701 15,675 15,513 15,350 15,026	13,835 15,459 15,188 14,918 14,376	2,0к 0,50м 0,75м 1,0м 1,5м	1,082 0,270 0,406 0,541 0,812
17	16,350 16,026	15,918 15,376	(1,0) м 1,5м	0,541 0,812
18	16,376 17,675 17,513 17,350 17,026 16,701	15,294 17,459 17,188 16,918 16,376 15,835	2,5к 0,50м 0,76м 1,0м 1,5м 2,0м	1,353 0,270 0,406 0,641 0,812 1,082

*

Продолжение табл. 9

Диаметр резьбы			Шаг резьбы S *²	Высота профиля h
наружный (номинальный) d	средний d_2	внутренний d_1		
20	18,376 19,676 19,613 19,350 19,026 18,701	17,294 19,459 19,188 18,918 18,376 17,835	2,5к 0,50м 0,75м 1,0м 1,5м 2,0м	1,363 0,270 0,406 0,641 0,812 1,082
22	20,376 21,676 21,513 21,350 21,026 20,701	19,294 21,459 21,188 20,918 20,376 19,835	2,6к 0,60м 0,75м 1,0м 1,6 2,0м	1,353 0,270 0,406 0,541 0,812 1,082
24	22,051 23,613 23,350 23,026 22,701	20,752 23,188 22,918 22,376 21,835	3,0к 0,75м 1,0м 1,6м 2,0м	1,624 0,406 0,641 0,812 1,082
25	24,350 24,026 23,701	23,918 23,376 22,835	(1,0) м 1,5м 2,0	0,641 0,812 1,082
(26)	25,026	24,376	1,5м	0,812
27	25,051 26,513 26,350 26,026 25,701	23,752 26,188 26,918 25,376 24,836	3,0к 0,75м 1,0м 1,5м 2,0	1,624 0,406 0,641 0,812 1,082
(28)	27,350 27,026 26,701	26,918 26,376 25,835	1,0м 1,5м 2,0м	0,641 0,812 1,082
30	27,727 29,513 29,350 29,026 28,701 28,051	26,211 29,188 28,918 28,376 27,836 26,762	3,6к 0,76м 1,0м 1,6м 2,0м (3,0) м	1,894 0,406 0,541 0,812 1,082 1,624
(32)	31,026 30,701	30,376 28,835	1,6м 2,0м	0,812 1,082
33	30,727 32,613 32,350 32,026 31,701 31,061	29,211 32,188 31,918 31,376 30,835 29,752	3,5к 0,75м 1,0м 1,5м 2,0м (3,0) м	1,894 0,406 0,541 0,812 1,082 1,624
36	34,026	33,376	1,6м	0,812
36	33,402 35,350 35,026 34,701 34,051	31,670 34,918 34,376 33,835 32,762	4,0к 1,0м 1,6м 2,0м 3,0м	2,165 0,541 0,812 1,082 1,624
(38)	37,026	36,376	1,5м	0,812
39	36,402 38,350 38,026 37,701 37,051	34,670 37,918 37,376 36,835 36,762	4,0к 1,0м 1,6м 2,0м 3,0м	2,166 0,641 0,812 1,082 1,624

Продолжение табл. 9

Диаметр резьбы			Шаг резьбы S [*2]	Высота профиля h
наружный (номинальный) d	средний d_2	внутренний d_1		
40	39,026 38,701 38,051	38,376 37,835 36,752	1,6м (2,0) м (3,0) м	0,812 1,082 1,624
42	39,077 41,350 41,026 40,701 40,051 39,402	37,129 40,918 40,376 39,835 38,752 37,670	4,6к 1,0м 1,5м 2,0м 3,0м (4,0) м	2,435 0,541 0,812 1,082 1,624 2,165
45	42,077 44,350 44,026 43,701 43,051 42,402	40,129 43,918 43,376 42,835 41,752 40,670	4,6к 1,0м 1,5м 2,0м 3,0м (4,0) м	2,435 0,541 0,812 1,082 1,624 2,165
48	44,752 47,350 47,026 46,701 46,051 45,402	42,587 46,918 46,376 45,835 44,752 43,670	5,0к 1,0м 1,5м 2,0м 3,0м (4,0) м	2,706 0,541 0,812 1,082 1,624 2,165
50	49,026 48,701 48,051	48,376 47,835 46,752	1,5м (2,0) м (3,0) м	0,812 1,082 1,624
62	48,752 51,350 61,026 50,701 60,051 49,402	46,587 50,918 50,376 49,835 48,752 47,670	5,0к 1,0м 1,5м 2,0м 3,0м (4,0) м	2,706 0,541 0,812 1,082 1,624 2,165
55	64,026 53,701 63,051 62,402	53,376 52,835 51,752 50,670	1,5м 2,0м (3,0) м (4,0) м	0,812 1,082 1,624 2,165
56	52,428 55,350 55,026 54,701 64,051 53,402	60,046 54,918 54,376 63,835 52,762 61,670	5,5к 1,0м 1,5м 2,0м 3,0м 4,0м	2,977 0,541 0,812 1,082 1,624 2,165
58	57,026 56,701 56,051 55,402	56,376 55,835 54,752 53,670	1,5м 2,0м (3,0) м (4,0) м	0,812 1,082 1,624 2,165
60	56,428 69,350 59,026 58,701 58,051 67,402	64,046 58,918 58,376 57,835 66,762 55,670	(5,5) к 1,0м 1,5м 2,0м 3,0м 4,0м	2,977 0,541 0,812 1,082 1,624 2,165
62	61,026 60,701 60,051 69,402	60,376 59,835 58,752 67,670	1,5м 2,0м (3,0) м (4,0) м	0,812 1,082 1,624 2,165

Продолжение табл. 9

Диаметр резьбы			Шаг резьбы S *2	Высота профиля h
наружный (номинальный) d	средний d_2	внутренний d_1		
64	60,103 63,350 63,026 62,701 62,051 61,402	57,505 62,918 62,376 61,835 60,752 59,670	6,0 1,0м 1,5м 2,0м 3,0м 4,0м	3,247 0,541 0,812 1,082 1,624 2,165
65	64,026 63,701 63,051 62,402	63,376 62,835 61,752 60,670	1,5м 2,0м (3,0) м (4,0) м	0,812 1,082 1,624 2,165
68	64,103 67,350 67,026 66,701 66,051 65,402	61,505 66,918 66,376 65,835 64,752 63,670	6,0к 1,0м 1,5м 2,0м 3,0м 4,0м	3,247 0,541 0,812 1,082 1,624 2,165
70	69,026 68,701 68,051 67,402 66,103	68,376 67,835 66,752 65,670 63,505	1,5 2,0 (3,0) (4,0) (6,0)	0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
72	71,350 71,026 70,701 70,051 69,402 69,103	70,918 70,376 69,835 68,752 67,670 65,505	1,0 1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,541 0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
75	74,026 73,701 73,051 72,402	73,376 72,835 71,752 70,670	1,5 2,0 (3,0) (4,0)	0,812 1,082 1,624 2,165
76	75,350 75,026 74,701 74,051 73,402 72,103	74,918 74,376 73,835 72,752 71,670 69,505	1,0 1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,541 0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
(78)	76,701	75,835	2,0	1,082
80	79,350 79,026 78,701 78,051 77,402 76,103	78,918 78,376 77,835 76,752 75,670 73,505	1,0 1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,541 0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
(82)	80,701	79,835	2,0	1,082
85	84,026 83,701 83,051 82,402 81,103	83,376 82,835 81,752 80,670 78,505	1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
90	89,026 88,701 88,051 87,402 86,103	88,376 87,835 86,752 85,670 83,505	1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,812 1,082 1,624 2,165 3,247

Продолжение табл. 9

Диаметр резьбы			Шаг резьбы S *²	Высота профиля h
наружный (номинальный) d	средний d_2	внутренний d_1		
95	94,024 93,701 93,051 92,402 91,103	93,376 92,835 91,752 90,670 88,505	1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
100	99,026 98,701 98,051 97,402 96,103	98,376 97,835 96,752 95,670 93,505	1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
105	104,026 103,701 103,051 102,402 101,103	103,376 102,835 101,752 100,670 98,505	1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
110	109,026 108,701 108,051 107,402 106,103	108,376 107,835 106,752 105,670 103,505	1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
115	114,026 113,701 113,051 112,402 111,103	113,376 112,835 111,752 110,670 108,505	1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
120	119,026 118,701 118,051 117,402 116,103	118,376 117,835 116,752 115,670 113,505	1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
125	124,026 123,701 123,051 122,402 121,103	123,376 122,835 121,752 120,670 118,505	1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
130	129,026 128,701 128,051 127,402 126,103	128,376 127,835 126,752 125,670 123,505	1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
135	134,026 133,701 133,051 132,402 131,103	133,376 132,835 131,752 130,670 128,505	1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
140	139,026 138,701 138,051 137,402 136,103	138,376 137,835 136,752 135,670 133,505	1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,812 1,082 1,624 2,165 3,247
145	144,026 143,701 143,051 142,402 141,103	143,376 142,835 141,752 140,670 138,505	1,5 2,0 3,0 4,0 6,0	0,812 1,082 1,624 2,165 3,247

Продолжение табл. 9

Диаметр резьбы			Шаг резьбы S *²	Высота профиля h
наружный (номинальный) d	средний d_2	внутренний d_1		
150	149,026	148,376	1,5	0,812
	148,701	147,835	2,0	1,082
	148,051	146,752	3,0	1,624
	147,402	145,670	4,0	2,165
	146,103	143,505	6,0	3,247
155	153,701	152,835	2,0	1,082
	153,051	151,752	3,0	1,624
	152,402	150,670	4,0	2,165
	151,103	148,505	6,0	3,247
160	158,701	157,835	2,0	1,082
	158,051	156,752	3,0	1,624
	157,402	155,670	4,0	2,165
	156,103	153,505	6,0	3,247
165	163,701	162,835	2,0	1,082
	163,051	161,752	3,0	1,624
	162,402	160,670	4,0	2,165
	161,103	158,505	6,0	3,247
170	168,701	167,835	2,0	1,082
	168,051	166,752	3,0	1,624
	167,402	165,670	4,0	2,165
	166,103	163,505	6,0	3,247
175	173,701	172,835	2,0	1,082
	173,051	171,752	3,0	1,624
	172,402	170,670	4,0	2,165
	171,103	168,505	6,0	3,247
180	178,701	177,835	2,0	1,082
	178,051	176,752	3,0	1,624
	177,402	175,670	4,0	2,165
	176,103	173,505	6,0	3,247
185	183,701	182,835	2,0	1,082
	183,051	181,752	3,0	1,624
	182,402	180,670	4,0	2,165
	181,103	178,505	6,0	3,247
190	188,701	187,835	2,0	1,082
	188,051	186,752	3,0	1,624
	187,402	185,670	6,0	2,165
	186,103	183,505	6,0	3,247
195	193,701	192,835	2,0	1,082
	193,051	191,752	3,0	1,624
	192,402	190,670	4,0	2,165
	191,103	188,505	6,0	3,247
200	198,701	197,835	2,0	1,082
	198,051	196,752	3,0	1,624
	197,402	195,670	4,0	2,165
	196,103	193,505	6,0	3,247
205	203,051	201,752	3,0	1,624
	202,402	200,670	4,0	2,165
	201,103	198,505	6,0	3,247
210	208,051	206,752	3,0	1,624
	207,402	205,670	4,0	2,165
	206,103	203,505	6,0	3,247
215	213,051	211,752	3,0	1,624
	212,402	210,670	4,0	2,165
	211,103	208,505	6,0	3,247

Продолжение табл. 9

Диаметр резьбы			Шаг резьбы S *[2]	Высота профиля h
наружный (номинальный) d	средний d_2	внутренний d_1		
220	218,051 217,402 216,103	216,752 215,670 213,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
225	223,051 222,402 221,103	221,752 220,670 218,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
230	228,051 227,402 226,103	226,752 225,670 223,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
235	233,051 232,402 231,103	231,752 230,670 228,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
240	238,051 237,402 236,103	236,752 235,670 233,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
245	243,051 242,402 241,103	241,752 240,670 238,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
250	248,051 247,402 246,103	246,752 245,670 243,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
255	253,051 252,402 251,103	251,752 250,670 248,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
260	258,051 257,402 256,103	256,752 255,670 253,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
265	263,051 262,402 261,103	261,752 260,670 258,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
270	268,051 267,402 266,103	266,752 265,670 263,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
275	273,051 272,402 266,103	271,752 270,670 268,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
280	278,051 277,402 276,103	276,752 275,670 273,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
285	283,051 282,402 281,103	281,752 280,670 278,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
290	288,051 287,402 286,103	286,752 285,670 283,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
295	293,051 292,402 291,103	291,752 290,670 288,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
300	298,051 297,402 296,103	296,752 295,670 293,505	3,0 4,0 6,0	1,624 2,165 3,247
310	307,402 306,103	305,670 303,505	4,0 6,0	2,165 3,247

Продолжение табл. 9

Диаметр резьбы			Шаг резьбы S *2	Высота профиля h
наружный (номинальный) d	средний d_2	внутренний d_1		
320	317,402 316,103	315,670 313,505	4,0 6,0	2,165 3,247
330	327,402 326,103	325,670 323,505	4,0 6,0	2,165 3,247
340	337,402 336,103	335,670 333,505	4,0 6,0	2,165 3,247
350	347,402 346,103	345,670 343,505	4,0 6,0	2,165 3,247
360	357,402 356,103	355,670 353,505	4,0 6,0	2,165 3,247
370	367,402 366,103	365,670 363,505	4,0 6,0	2,165 3,247
380	377,402 376,103	375,670 373,505	4,0 6,0	2,165 3,247
390	387,402 386,103	385,670 383,505	4,0 6,0	2,165 3,247
400	397,402 396,103	395,670 393,505	4,0 6,0	2,165 3,247
410	406,103	403,505	6,0	3,247
420	416,103	413,505	6,0	3,247
430	426,103	423,505		
440	436,103	433,505		
450	446,103	443,505		
460	456,103	453,505	—	—
470	466,103	463,505		
480	476,103	473,505		
500	496,103	493,505		
510	506,103	503,505	6,0	3,247
520	516,103	513,505	6,0	3,247
530	526,103	523,505		
540	536,103	533,505		
550	546,103	543,505		
560	556,103	553,505		
570	566,103	563,505		
580	576,103	573,505		
590	586,103	583,505		
600	596,103	593,505		
Б. Для диаметров от 0,25 до 0,9 *мм* (ГОСТ 9000—59)				
0,25	0,201	0,169	0,075	0,041
0,3	0,248	0,213	0,08	0,044
(0,35)	0,292	0,253	0,09	0,049
0,4	0,335	0,292	0,1	0,054
(0,45)	0,385	0,342	0,1	0,054
0,5	0,419	0,365	0,125	0,068
(0,55)	0,469	0,415	0,125	0,068
0,6	0,503	0,438	0,15	0,081
(0,7)	0,586	0,511	0,175	0,095
0,8	0,670	0,583	0,2	0,109
0,9	0,754	0,656	0,225	0,122

10. Приближенные значения углов подъема по среднему диаметру резьбы (для метрической и дюймовой резьбы)

Обозначение резьбы	Угол подъема в *град* (округленно)	Обозначение резьбы	Угол подъема в *град* (округленно)	Обозначение резьбы	Угол подъема в *град* (округленно)
M1×0,25	5 1/2	M24×3,0	2 1/2	M10×1,0	2
M1,2×0,25 M1,4×0,3	4 1/2	M27×3,0 M30×3,5	2 1/4	M12×1,25 M14×1,5	
M1,7×0,35	4 1/4	M36×4,0		3/16"	4 3/4
M2×0,4		M42×4,5	2	1/4"	4 1/4
M2,3×0,4	3 1/2	M48×5,0		5/16"	3 3/4
M2,6×0,45		M57×5,5		3/8"	3 1/2
M3×0,5		M1×0,2	4 1/4	1/2"	
M4×0,7	3 1/4	M1,2×0,2	3 1/2	5/8"	3
M5×0,8		M1,4×0,2	2 3/4	3/4"	2 3/4
M6×1,0 M8×1,25 M10×1,5	3 1/2 3 1/4 3	M1,7×0,2 M2×0,25 M2,3×0,25	2 1/4 2 1/2 2 1/4	7/8" 1" 1 1/8"	2 1/2
M11×1,5	2 3/4	M2,6×0,35	2 3/4	1 1/4"	2 1/4
M12×1,75	3	M3,0×0,35 M3,5×0,35	2 1/4 2	1 1/2"	
M14×2,0 M16×2,0 M18×2,5	2 3/4 2 1/2 2 3/4	M3,5×0,35 M4×0,5 M5×0,5	2 2 1/2 2	1 3/4" 2" 2 1/4"	
M20×2,5 M22×2,5	2 1/2 2 1/4	M6×0,75 M9×1,0	2 1/2 2 1/2	2 1/2" 2 3/4"	2

11. Основные размеры дюймовой резьбы (ОСТ НКТП 1260)

Наружный (номинальный) диаметр резьбы d в дюймах	Наружный (номинальный) диаметр резьбы d в *мм*	Средний диаметр d_2 в *мм*	Внутренний диаметр d_1 в *мм*	Шаг резьбы S: в нитках на дюйм	Шаг резьбы S: в *мм*	Зазоры в *мм*: c'	Зазоры в *мм*: e'	Высота профиля h_1 в *мм*
3/16	4,762	4,085	3,408	24	1,058	0,132	0,152	0,677
1/4	6,350	5,537	4,724	20	1,270	0,150	0,186	0,814
5/16	7,938	7,034	6,131	18	1,411	0,158	0,209	0,903
3/8	9,525	8,509	7,492	16	1,588	0,165	0,238	1,017
(7/16)	11,112	9,951	8,789	14	1,814	0,182	0,271	1,162
1/2	12,700	11,345	9,989	12	2,117	0,200	0,311	1,355
(9/16)	14,288	12,932	11,577			0,208	0,313	
5/8	15,875	14,397	12,918	11	2,309	0,226	0,342	1,479
3/4	19,050	17,424	15,798	10	2,510	0,240	0,372	1,626
7/8	22,225	20,418	18,611	9	2,822	0,266	0,419	1,807
1	25,400	23,367	21,334	8	3,175	0,290	0,466	2,033
1 1/8	28,575	26,252	23,929	7	3,629	0,325	0,531	2,323
1 1/4	31,750	29,427	27,104			0,330	0,536	
1 3/8	34,925	32,215	29,504	6	4,233	0,365	0,626	2,711
1 1/2	38,100	35,390	32,679			0,370	0,631	
(1 5/8)	41,275	38,022	34,770	5	5,080	0,425	0,750	3,253
1 3/4	44,450	41,198	37,045			0,430	0,755	
(1 7/8)	47,625	44,011	40,397	4 1/2	5,644	0,475	0,833	3,614
2	50,800	47,186	43,572		5,614	0,480	0,838	

Продолжение табл. 11

Наружный номинальный диаметр резьбы d		Средний диаметр d_2 в *мм*	Внутренний диаметр d_1 в *мм*	Шаг резьбы S		Зазоры в *мм*		Высота профиля h_1 в *мм*
в дюймах	в *мм*			в нитках на дюйм	в *мм*	c'	e'	
2 1/4 2 1/2	57,150 63,500	53,084 59,433	49,019 55,369	4	6,350	0,530	0,941	4,066
2 3/4 3	69,850 76,200	65,204 71,554	60,557 66,907	3 1/2	7,257	0,590	1,073	4,647
3 1/4 3 1/2	82,550 88,900	77,546 83,896	72,542 78,892	3 1/4	7,815	0,640	1,158	5,004
3 3/4 4	95,250 101,600	89,829 96,179	84,409 90,759	3	8,467	0,700	1,251	5,421

Примечание. Диаметры резьбы, указанные в скобках, по возможности не применять.

Трубная цилиндрическая резьба (табл. 12) имеет профиль в виде равнобедренного треугольника с углом при вершине 55°.

Вершины и впадины профиля могут быть срезаны или закруглены радиусом $r = 0{,}13733S$.

Высота профиля $h_1 = 0{,}6403S$.

Шаг трубной цилиндрической резьбы выражается числом ниток на один дюйм.

Номинальным диаметром резьбы является диаметр отверстия в трубе, на наружной поверхности которой нарезана резьба.

Трапецеидальная резьба (табл. 13) имеет профиль в виде трапеции с углом 30° между ее боковыми сторонами.

При передаче винтами больших усилий углы впадин резьбы закругляются радиусом r, зависящим от шага резьбы. Для $S = 2 - 12$ *мм*; $r_{max} = 0{,}25$ *мм*; для $S = 16 - 48$ *мм* $r_{max} = 0{,}5$ *мм*. В резьбе обязателен зазор z. Для резьб с шагом $S = 2 - 4$ *мм* $z = 0{,}25$ *мм*; для $S = 5 - 12$ *мм* $z = 0{,}5$ *мм* и для $S = 16 - 18$ *мм* $z = 1$ *мм*.

У многоходовых трапецеидальных резьб те же профили, что и у одноходовых. Рабочая высота профиля $h = 0{,}5S$.

Крупная, нормальная и мелкая трапецеидальная резьбы отличаются размерами шага и профиля резьбы при одинаковых номинальных диаметрах.

Упорная резьба (табл. 14—16). Рабочий угол профиля резьбы равен 3°, а задний угол профиля принят 30°. Впадины резьбы винта закруглены, чтобы уменьшить концентрацию напряжений.

Модульная резьба. Профиль нитки червяка — обычная трапеция с углом при вершине равным 40 или 30°. Диаметр резьбы червяка и размер ее профиля устанавливают в зависимости от условия работы пары червяк—червячное колесо. Шаг резьбы червяка модульный, в очень редких случаях — питчевый.

Модульным называется шаг, в числовое значение которого (в миллиметрах) входят два сомножителя — модуль m и число π. Модульный шаг выражается формулой

$$S_m = m\pi,$$

12. Основные размеры трубной цилиндрической резьбы (по ГОСТу 6357—52)

Номинальный диаметр d_0 резьбы в дюймах	Наружный диаметр d в мм	Средний диаметр d_2 в мм	Внутренний диаметр d_1 в мм	Шаг резьбы S в нитках на дюйм	Шаг резьбы S в мм	Высота профиля h_1 в мм
(1/8)	9,729	9,148	8,567	28	0,907	0,581
1/4	13,158	12,302	11,446	19	1,337	0,856
3/8	16,663	15,807	14,951			
1/2	20,956	19,794	18,632	14	1,814	1,162
(5/8)	22,912	21,750	20,588			
3/4	26,442	25,281	24,119			
(7/8)	30,202	29,040	27,878			
1	33,250	31,771	30,293	11	2,309	1,479
(1 1/8)	37,898	36,420	34,941			
1 1/4	41,912	40,433	38,954			
(1 3/8)	44,325	42,846	41,367			
1 1/2	47,805	46,326	44,847			
(1 3/4)	53,748	52,270	50,791			
2	59,616	58,137	56,659			
(2 1/4)	65,712	64,234	62,755			
2 1/2	75,187	73,708	72,230			
2 3/4	81,537	80,058	78,580			
3	87,887	86,409	84,930			
(3 1/2)	100,334	98,855	97,376			
4	113,034	111,556	110,077			
5	138,435	136,957	135,478			

Примечания: 1. Резьбу 1/8″, по возможности, не применять. Резьбы 5/8″, 7/8″, 1 1/8″, 1 3/4″, 2 1/4″, 2 3/4″ и 3 1/2″ применять лишь для изделий, для которых они предусмотрены стандартами.
2. Соединение труб диаметром свыше 6″ осуществляется сваркой.

13. Основные размеры трапецеидальной резьбы (по ГОСТу 9484—60)

Диаметры резьбы в мм: Винт — Наружный (номинальный) d	Винт — Внутренний d_1	Винт и гайка — Средний d_2	Гайка — Наружный d'	Гайка — Внутренний d'_1	Шаг резьбы S в мм	Высота профиля h_1, мм	Рабочая высота профиля h в мм
10	7,5 6,5	9 8,5	10,5	8 7	2 3	1,25 1,75	1 1,5
12	9,5 8,5	11 10,5	12,5	10 9	2 3	1,25 1,75	1 1,5
14	11,5 10,5	13 12,5	14,5	12 11	2 3	1,25 1,75	1 1,5
16	13,5 11,5	15 14	16,5	14 12	2 4	1,25 2,25	1 2
18	15,5 13,5	17 16	18,5	16 14	2 4	1,25 2,25	1 2
20	17,5 15,5	19 18	20,5	18 16	2 4	1,25 2,25	1 2

Продолжение табл. 13

Диаметры резьбы в *мм*					Шаг резьбы S в *мм*	Высота профиля h_1 в *мм*	Рабочая высота профиля h в *мм*
Винт		Винт и гайка	Гайка				
Наружный (номинальный) d	Внутренний d_1	Средний d_2	Наружный d'	Внутренний d_1'			
22	19,5	21	22,5	20	2	1,25	1
	16	19,5	23	17	5	3	2,5
	13	18		14	8	4,5	4
24	21,5	23	24,5	22	2	1,25	1
	18	21,5	25	19	5	3	2,5
	15	20		16	8	4,5	4
26	23,5	25	26,5	24	2	1,25	1
	20	23,5	27	21	5	3	2,5
	17	22		18	8	4,5	4
28	25,5	27	28,5	26	2	1,25	1
	22	25,5	29	23	5	3	2,5
	19	24		20	8	4,5	4
30	26,5	28,5	30,5	27	3	1,75	1,5
	23	27	31	24	6	3,5	3
	19	25		20	10	5,5	5
32	28,5	30,5	32,5	29	3	1,75	1,5
	25	29	33	26	6	3,5	3
	21	27		22	10	5,5	5
34	30,5	32,5	34,5	31	3	1,75	1,5
	27	31	35	28	6	3,5	3
	23	29		24	10	5,5	5
36	32,5	34,5	36,5	33	3	1,75	1,5
	29	33	37	30	6	3,5	3
	25	31		26	10	5,5	5
38	34,5	36,5	38,5	35	3	1,75	1,5
	31	35	39	32	6	3,5	3
	27	33		28	10	5,5	5
40	36,5	38,5	40,5	37	3	1,75	1,5
	33	37	41	34	6	3,5	3
	29	35		30	10	5,5	5
42	38,5	40,5	42,5	39	3	1,75	1,5
	35	39	43	36	6	3,5	3
	31	37		32	10	5,5	5
44	40,5	42,5	44,5	41	3	1,75	1,5
	35	40	45	36	8	4,5	4
	31	38		32	12	6,5	6
46	42,5	44,5	46,5	43	3	1,75	1,5
	37	42	47	38	8	4,5	4
	33	40		34	12	6,5	6
48	44,5	46,5	48,5	45	3	1,75	1,5
	39	44	49	40	8	4,5	4
	35	42		36	12	6,5	6
50	46,5	48,5	50,5	47	3	1,75	1,5
	41	46	51	42	8	4,5	4
	37	44		38	12	6,5	6

Продолженне табл. 13

Диаметры резьбы в *мм*					Шаг резьбы *S* в *мм*	Высота профиля h_1 в *мм*	Рабочая высота профиля *h* в *мм*
Винт		Винт и гайка	Гайка				
Наружный (номинальный) *d*	Внутренний d_1	Средний d_2	Наружный *d'*	Внутренний d_1'			
52	48,5 43	50,5 48	52,5 53	49 44	3 8	1,75 4,5	1,5 4
55	51,5 46	53,5 51	55,5 56	52 47	3 8	1,75 4,5	1,5 4
60	56,5 51	58,5 56	60,5 61	57 52	3 8	1,75 4,5	1,5 4
(62)	57,5 51	60 57	62,5 63	58 52	4 10	2,25 5,5	2 5
65	60,5 54	63 60	65,5 66	61 55	4 10	2,25 5,5	2 5
70	65,5 59	68 65	70,5 71	66 60	4 10	2,25 5,5	2 5
75	70,5 64	73 70	75,5 76	71 65	4 10	2,25 5,5	2 5
(78)	73,5 67	76 73	78,5 79	74 68	4 10	2,25 5,5	2 5
80	75,5 69	78 75	80,5 81	76 70	4 10	2,25 5,5	2 5
85 90 95 100 110	79 84 89 94 104	82,5 87,5 92,5 97,5 107,5	86 91 96 101 111	80 85 90 95 105	5	3	2,5
120 130 140 150	113 123 133 143	117 127 137 147	121 131 141 151	114 124 134 144	6	3,5	3
160 170 180 190	151 161 171 181	156 166 176 186	161 171 181 191	152 162 172 182	8	4,5	4
200 210 220	189 199 209	195 205 215	201 211 221	190 200 210	10	5,5	5

14. Резьба упорная для днвметров от 10 до 180 *мм*
(по ГОСТу 10177—62)
(Размеры в *мм*)

Диаметр d			Шаг S		
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд			
10; 12; 16; 20	14; 18	—			2
26	22; 28	24	8	5	2
32; 40	36	30; 34; 38; 42	10	6	3
60; 60	44; 55	46; 48; 52	12	8	3
80	70	65; 75	16	10	4
100	90; 110	85; 95	20	12	5
120	140	130; 150 170	24	16	6
160	180	190	32	20	8

Примечания: 1. ГОСТ 10177—62 охватыаает резьбы упорные диаметром $d = 10 \div 600$ *мм*.
2. При аыборе диаметров следует предпочитвть первый ряд аторому, а аторой — третьему.

15. Резьба упорная для диаметров от 10 до 180 *мм*.
Профиль, глубнна резьбы и рабочая высота профиля
(Размеры в *мм*)

Шаг резьбы S	Глубина резьбы h_1	Рабочая аысота профиля h	Радиус r	Шаг резьбы S	Глубина резьбы h_1	Рабочая аысота профиля h	Радиус r
2	1,736	1,5	0,249	10	8,678	7,5	1,243
3	2,603	2,25	0,373	12	10,415	9	1,491
4	3,471	3,0	0,497	16	13,884	12	1,988
5	4,339	3,75	0,621	20	17,355	15	2,485
6	5,207	4,5	0,746	24	20,826	18	2,982
8	6,942	6,0	0,994	32	27,769	24	3,977

16. Резьба упорнвя одноходовая мелкая для диаметров от 10 до 180 *мм*
(Размеры в *мм*)

Винт и гайка		Винт	Гайка	Винт и гайка		Винт	Гайка
Диаметр резьбы				Диаметр резьбы			
Наружный d	Средний d_2	Внутренний d_1	Внутренний d_1	Наружный d	Средний d_2	Внутренний d_1	Внутренний d_1
$S = 2$				$S = 2$			
				18	16,500	14,528	15
10	8,500	6,528	7	20	18,500	16,528	17
12	10,500	8,628	9	22	20,500	18,528	19
14	12,500	10,628	11	24	22,600	20,528	21
16	14,500	12,628	13	26	24,500	22,528	23
				28	26.500	24,528	25

Продолжение табл. 16

Винт и гайка		Винт	Гайка
Диаметр резьбы			
Наружный d	Средний d_2	Внутренний d_1	Внутренний d_1
$S = 3$			
30	27,750	24,794	25,5
32	29,750	26,794	27,5
34	31,750	28,794	29,5
36	33,750	30,794	31,5
38	35,750	32,794	33,5
40	37,750	34,794	35,5
42	39,750	36,794	37,5
44	41,750	38,794	39,5
46	43,750	40,794	41,5
48	45,750	42,794	43,5
50	47,750	44,794	45,5
62	49,750	46,794	47,5
55	52,750	49,794	50,5
60	57,750	54,794	55,5
$S = 4$			
65	62,000	58,058	59
70	67,000	63,058	64
75	72,000	68,058	69
80	77,000	73,058	74
$S = 6$			
22	18,250	13,322	14,5
24	20,250	15,322	16,5
26	22,250	17,322	18,5
28	24,250	19,322	20,6
85	81,250	76,322	77,5
90	86,250	81,322	82,6
95	91,250	86,322	87,5
100	91,250	91,322	92,5
110	106,250	101,322	102,5
$S = 6$			
30	25,600	19,586	21
32	27,500	21,586	23
34	29,600	23,586	25
36	31,500	25,586	27
38	33,600	27,586	29
40	36,500	29,586	31
42	37,500	31,686	33
120	116,500	109,586	111
130	125,500	119,586	121
140	135,600	129,586	131
150	145,500	139,586	141
$S = 8$			
22	16,000	8,116	10
24	18,000	10,116	12
26	20,000	12,116	14
28	22,000	14,116	16
44	38,000	30,116	32
46	40,000	32,116	34
48	42,000	34,116	36
50	44,000	36,116	38
52	46,000	38,116	40
55	49,000	41,116	43
60	54,000	46,116	48
160	154,000	146,116	148
170	164,000	156,116	158
180	174,000	166,116	168
$S = 10$			
30	22,500	12,644	15
32	24,600	14,644	17
34	26,500	16,644	19
36	28,500	18,644	21
38	30,500	20,644	23
40	32,500	22,644	25
42	34,500	24,644	27
65	57,500	47,644	60
70	62,500	52,644	55
75	67,500	57,644	60
80	72,500	62,644	65
$S = 12$			
44	35,000	23,174	26
46	37,000	25,174	28
48	39,000	27,174	30
50	41,000	29,174	32
52	43,000	31,174	34
56	46,000	34,174	37
60	51,000	39,174	42
85	76,000	64,174	67
90	81,000	69,174	72
95	86,000	74,174	77
100	91,000	79,174	82
110	101,000	89,174	92
$S = 16$			
65	53,000	37,232	41
70	58,000	42,232	46
75	63,000	47,232	51
80	68,000	52,232	56
120	108,000	92,232	96
130	118,000	102,232	106

Продолжение табл. 16

Винт и гайка		Винт	Гайка
Диаметр резьбы			
Наружный d	Средний d_2	Внутренний d_1	Внутренний d_1
$S = 16$			
140	128,000	112,232	116
150	138,000	122,232	126
160	148,000	132,232	136
170	158,000	142,232	146
$S = 20$			
85	70,000	50,290	55
90	75,000	55,290	60
95	80,000	60,290	65
100	85,000	65,290	70
110	95,000	75,290	80
180	165,000	145,290	150
$S = 24$			
120	102,000	78,348	84
130	112,000	88,348	94
140	122,000	98,348	104
150	132,000	108,348	114
160	142,000	118,348	124
170	152,000	128,348	134
$S = 32$			
180	156,000	124,462	132

где S_m — шаг резьбы червяка в *мм*; m — модуль (модуль равен шагу зубьев колеса, измеренному по делительной окружности, разделенному на π);

$$\pi = 3{,}14.$$

Питчевым называется шаг, числовое значение которого (в миллиметрах) равно дроби, числитель которой есть произведение $1''\pi$, а знаменатель — питч, т. е.

$$S_m = \frac{1''\pi}{P} = \frac{79{,}756}{P} \text{ мм},$$

где P — питч — число зубьев колес, приходящееся на $1''$ делительной окружности.

Червяки бывают одноходовые и многоходовые. Ход резьбы червяка определяется по формуле

$$S_x = S_m z \text{ мм},$$

где S_x — ход резьбы червяка в *мм*; S_m — шаг резьбы червяка в *мм*; z — число ходов резьбы червяка.

Значения S_m и S_x для случаев, наиболее часто встречающихся в практике, приведены в табл. 17.

Угол подъема каждой резьбы червяка определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \omega_x = \frac{S_m z}{\pi d_2} = \frac{S_x}{\pi d_2},$$

где ω_x — угол подъема нитки червяка в *град*; d_2 — средний диаметр резьбы червяка в *мм*.

Размер притупления профиля червяка определяется по формуле

$$t_c = m\left(0{,}785\,\mathrm{ctg}\,\frac{\varepsilon}{2} - 1{,}2\right);$$

$$a = \frac{m\left(3{,}14 - 4{,}8\,\mathrm{tg}\,\frac{\varepsilon}{2}\right)}{2},$$

где t_c — высота притупления профиля в *мм*; a — ширина впадины резьбы в *мм*; ε — угол профиля резьбы в *град*.

Значения t_c и a для ряда модулей приведены в табл. 18.

Прямоугольная резьба. Размеры прямоугольных резьб приведены в табл. 19.

Коническая дюймовая резьба (табл. 20) имеет профиль в виде равностороннего треугольника с углом 60°. Биссектриса угла профиля перпендикулярна к оси резьбы. Вершины и впадины профиля плоскосрезанные.

Угол уклона конуса, на котором нарезается резьба, $\varphi = 1°\,47'\,24''$, конусность 1 : 16.

Номинальным диаметром резьбы является диаметр отверстия в трубе, на наружной поверхности которой нарезана резьба.

Высота профиля $h_1 = 0{,}8S$.

Шаг конической дюймовой резьбы измеряется параллельно оси резьбы и выражается числом ниток на один дюйм.

17. Значения величин шага и хода многоходовых резьб с модульным шагом в *мм*

Модуль	Шаг	Число ходов резьбы 1	2	3	4	5
		Ход резьбы				
1	3,1416	3,1416	6,2832	9,4248	12,5664	15,7080
1,25	3,9270	3,9270	7,8540	11,7810	15,7080	19,6350
1,50	4,7124	4,7124	9,4248	14,1372	18,8496	23,5620
1,75	5,4978	5,4978	10,9956	16,4934	21,9912	27,4890
2	6,2832	6,2832	12,5664	18,8496	25,1328	31,4160
2,25	7,0686	7,0686	14,1372	21,2058	28,2744	35,3430
2,50	7,8540	7,8540	15,7080	23,5620	31,4160	39,2700
2,75	8,6394	8,6394	17,2788	25,9182	34,5576	43,1970
3	9,4248	9,4248	18,8496	28,2744	37,6992	47,1240
3,25	10,2102	10,2102	20,4204	30,6306	40,8408	51,0510
3,50	10,9956	10,9956	21,9912	32,9868	43,9824	54,9780
3,75	11,7810	11,7810	23,5620	35,3430	47,1240	58,9050
4	12,5664	12,5664	25,1328	37,6992	50,2656	62,8320
4,25	13,3518	13,3518	26,7036	40,0554	53,4072	66,7590
4,50	14,1372	14,1372	28,2744	42,4116	56,5488	70,0860
5	15,7080	15,7080	31,4160	47,1240	62,8320	78,5400
5,50	17,2788	17,2788	34,5576	51,8364	69,1152	86,3940
6	18,8496	18,8496	37,6992	56,5488	75,9384	94,2480
6,50	20,4204	20,4204	40,8408	61,2612	81,6816	102,1020
7	21,9912	21,9912	43,9824	65,9736	87,9648	109,9560
8	25,1328	25,1328	50,2656	75,3984	100,5312	125,6640
9	28,2744	28,2744	56,5488	84,8232	113,0976	141,3720
10	31,4160	31,4160	62,8320	94,2480	125,6640	157,0800

18. Значения величин t_c и a профилей резьб с модульным шагом в *мм*

Модуль	ε = 40°		ε = 30°		Модуль	ε = 40°		ε = 30°	
	t_c	a	t_c	a		t_c	a	t_c	a
1	0,957	0,697	1,730	0,928	3,75	3,583	2,615	6,486	3,479
1,25	1,196	0,872	2,162	1,156	4	3,827	2,789	6,918	3,711
1,5	1,435	1,046	2,594	1,392	4,25	4,066	2,963	7,351	3,943
1,75	1,674	1,220	3,027	1,624	4,5	4,306	3,138	7,783	4,175
2	1,914	1,394	3,459	1,855	5	4,784	3,486	8,648	4,639
2,25	2,153	1,569	3,892	2,037	5,5	5,262	3,835	9,513	5,102
2,5	2,392	1,743	4,324	2,319	6	5,741	4,184	10,378	5,566
2,75	2,631	1,918	4,756	2,551	6,5	6,219	4,532	11,242	6,030
3	2,870	2,092	5,189	2,783	7	6,698	4,881	12,107	6,404
3,25	3,110	2,266	5,621	3,015	8	7,654	5,578	13,837	7,422
3,5	3,349	2,440	6,054	3,247	9	8,611	6,275	15,567	8,349
					10	9,568	6,973	17,296	9,277

19. Прямоугольная резьба
Размеры в *мм*

Диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр резьбы	Шаг резьбы
10	3	30	6	(75)	(10)	(150)	(16)
12		32		80	10	160	16
(14)	(13)	(36)	(6)	(85)	(12)	(170)	(16)
16	4	40	6	90	12	180	20
(18)	(4)	(44)	(8)	(95)	(12)	(190)	(20)
20	4	50	8	100	12	200	20
(22)	(5)	(55)	(8)	110	12	220	
24	5	60	8	120	16	240	24
26		(65)	(10)	(130)	(16)	260	
(28)	(5)	70	10	140	16	280	
						300	

Примечание. Резьбы и шага резьб, взятые в скобках, по возможности не применять.

Трубная коническая резьба (табл. 21) имеет профиль в виде равнобедренного треугольника с закругленными вершинами и впадинами. Радиус закругления $r = 0,13728S$. Угол профиля —55°.

Биссектриса угла профиля перпендикулярна к оси резьбы.

Угол уклона конуса, на котором нарезается резьба, $\varphi = 1° 47' 24''$, конусность 1 : 16.

Номинальным диаметром резьбы является диаметр отверстия в трубе, на наружной поверхности которой нарезана резьба.

Высота профиля $h_1 = 0,6403S$.

Шаг конической трубной резьбы измеряется параллельно оси резьбы и выражается числом ниток на один дюйм.

Выход резьбы, сбеги, проточки и фаски (табл. 22) регламентированы ГОСТом 10549—63.*

Диаметры расточенных отверстий под нарезание резьб приведены в табл. 23—25.

20. Основные размеры конической дюймовой резьбы (по ГОСТу 6111—52)

Номинальный диаметр резьбы d_0 в дюймах	Диаметры резьбы в основной плоскости в мм: Наружный d	Средний d_2	Внутренний d_1	Внутренний диаметр у торца трубы d_T	Длина резьбы в мм: рабочая l_1	от торца трубы до основной плоскости l_2	Шаг резьбы S: в нитках на дюйм	в мм	Высота профиля h_1 в мм
1/16	7,895	7,142	6,389	6,135	6,5	4,064	27	0,941	0,753
1/8	10,272	9,519	8,766	8,480	7,0	4,572			
1/4	13,572	12,443	11,314	10,997	9,5	5,080	18	1,411	1,129
3/8	17,055	15,926	14,797	14,416	10,5	6,096			
1/2	21,223	19,772	18,321	17,813	13,5	8,128	14	1,814	1,451
3/4	26,568	25,117	23,666	23,128	14,0	8,611			
1	33,228	31,461	29,694	29,059	17,5	10,160	11 1/2	2,209	1,767
1 1/4	41,985	40,218	38,451	37,784	18,0	10,668			
1 1/2	44,054	46,287	44,520	43,853	18,5	10,668			
2	60,092	58,325	56,558	55,866	19,0	11,074			

21. Основные размеры трубной конической резьбы (по ГОСТу 6211—69)

Номинальный диаметр резьбы d_0 в дюймах	Наружный диаметр d в мм	Средний диаметр d_2 в мм	Внутренний диаметр d_1 в мм	Внутренний диаметр резьбы у торца трубы d_T	Длина резьбы *1: рабочая l_1	от торца трубы до основной плоскости l_2	Шаг резьбы S: в нитках на дюйм	в мм	Высота профиля h_1 в мм
1/8	9,729	9,148	8,567	8,270	9	4,5	28	0,907	0,581
1/4	13,158	12,302	11,446	11,071	11	6,0	19	1,337	0,856
3/8	16,663	15,807	14,951	14,576	12				
1/2	20,956	19,794	18,632	18,163	15	7,5	14	1,814	1,162
3/4	26,442	25,281	24,119	23,524	17	9,5			
1	33,250	31,771	30,293	29,606	19	11,0	11	2,309	1,479
1 1/4	41,912	40,433	38,954	38,142	22	13,0			
1 1/2	47,805	46,326	44,874	43,972	23	14,0			
2	59,616	58,137	56,659	55,659	26	16,0			
2 1/2	75,187	73,708	72,230	71,074	30	18,5			
3	87,887	86,409	84,930	83,649	32	20,5			
4	113,034	111,556	110,077	108,483	38	25,5			
5	138,435	136,957	135,478	133,697	41	28,5			
6	163,836	162,357	160,879	158,910	45	31,5			

*1 Указаны размеры, применяемые в соединениях, за исключением наружной конической резьбы с внутренней цилиндрической резьбой муфтовой арматуры по ГОСТу 6527—68.

22. Выход резьбы; сбеги; недорезы; проточки и фаски для резьбы разных типов (по ГОСТу 10549—63 *)

а — для наружной метрической резьбы

Тип I Тип II-упрочненный

Шаг резьбы *S*	Сбег *1 $l_{1\,max}$ при угле заборной части инструмента			Недорез *2 $l_{2\,max}$		Проточка									d_3	Фаска *C* *3 для	
						Тип I						Тип II упрочненный					
						нормальная			узкая								
	20°	30°	45°	нормальный	уменьшенный	*b*	*r*	r_1	*b*	*r*	r_1	*b*	*r*			1	2
0,2	0,4	0,3	0,2	0,5	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2
0,25 0,3	0,5			0,6 0,7	0,5												
0,35	0,6	0,4	0,3	0,8	0,6										d—0,6		0,3
0,4	0,7			1,0	0,8	1,0	0,3	0,2									
0,45	0,8	0,5													d—0,7		

Продолжение табл. 22

Шаг резьбы S	Сбег *1 $l_{1\,max}$ при угле заборной части инструмента			Недорез *2 $l_{2\,max}$		Проточка									Фаска C *3 для	
						Тип I						Тип II упрочненный		d_3		
						нормальная			узкая							
	20°	30°	45°	нормальный	уменьшенный	b	r	r_1	b	r	r_1	b	r		1	2
0,5	1,0	0,6	0,4	1,6	1,0	1,6			1,0	0,3	0,2			$d-0,8$		
0,6	1,2	0,7					0,5	0,3						$d-0,9$		0,5
0,7	1,3	0,8	0,5	2,0		2,0						—	—	$d-1,0$	—	
0,75	1,5				1,6				1,6	0,5	0,3			$d-1,2$		
0,8		0,9	0,6	3,0		3,0										1,0
1	1,8	1,2	0,7		2,0				2,0			3,6	2,0	$d-1,5$	2,0	
1,25	2,2	1,5	0,9				1,0					4,4	2,5	$d-1,8$	2,5	
1,5	2,8	1,6	1,0	4,0	2,5	4,0		0,5	2,5			4,6		$d-2,2$	3,0	1,6
1,75	3,2	2,0	1,2							1,0	0,5	5,4	3,0	$d-2,5$	3,5	
2	3,5	2,2	1,4	5,0	3,0	5,0			3,0			5,6		$d-3,0$		2,0
2,5	4,5	3,0	1,6	6,0	4,0	6,0	1,5	1,0	4,0			7,3	4,0	$d-3,5$	5,0	2,5
3	5,2	3,5	2,0									7,6		$d-4,5$	6,5	

Продолжение табл. 22

Шаг резьбы S	Сбег [*1] $l_{1\,max}$ при угле заборной части инструмента			Недорез [*2] $l_{2\,max}$		Проточка								$d_з$	Фаска C [*3] для	
						Тип I						Тип II упрочненный				
						нормальная			узкая							
	20°	30°	45°	нормальный	уменьшенный	b	r	r_1	b	r	r_1	b	r		1	2
3,5	6,3	4,0	2,2	8,0	5,0	8,0	2,0	1,0	5,0	1,5	0,5	10,2	5,5	$d-5,0$	7,5	2,5
4	7,1	4,5	2,5									10,3		$d-6,0$	8,0	3,0
4,5	8,0	5,0	3,0	10,0	6,0	10,0	3,0		6,0		1,0	12,9	7,0	$d-6,5$	9,5	
5	9,0	5,5	3,2									13,1		$d-7,0$	10,5	4,0
5,5	10,0	6,0	3,5	12,0	8,0	12,0			8,0	2,0		15,0	8,0	$d-8,0$		
6	11,0		4,0									16,0	8,5	$d-9,0$		

[*1] 20° резьба на проход; 30° — резьба в упор.

[*2] Недорез = сбег + недовод (недовод — это величина недорезанной части детали между концом сбега и опорной поверхностью детали).

Имеются еще уменьшенные недорезы и узкие проточки, которые допускается применять в обоснованных случаях.

[*3] Вариант 1 — при сопряжении с внутренней резьбой, имеющей проточку типа II; вариант 2 для всех остальных случаев.

Продолжение табл. 22

б — для внутренней метрической резьбы *1

Тип I Тип II-упрочненный

Шаг резьбы S	Сбег l_3 max		Недорез *2 l_4 max		Проточка								d_4	Фаска c_1 *3 для вариантов	
					Тип I						Тип II				
					нормальная			узкая							
	нор-мальный	умень-шенный	нор-мальный	умень-шенный	b_1	r	r_1	b_1	r	r_1	b_1	r		1	2
0,2	0,5	0,3	0,8	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—		—	0,2
0,25	0,6	0,4	1,0	0,8											
0,3	0,7	0,5	1,2	0,9											
0,35	0,8		1,9	1,0											0,3
0,4	0,9	0,6	1,6	1,2											
0,45	1,1	0,7	1,8	1,4											
0,5	1,2	0,8	2,0	1,5	2,0 *4	0,5	0,3	1,0 *4	0,3	0,2			$d+0,3$		0,5
0,6	1,5	1,0	2,4	1,8	—	—	—	—	—	—			—		
0,7	1,8	1,2	2,8	2,1											
0,75	1,9	1,3	3,0	2,2	3,0 *4	1,0	0,5	1,0 *4	0,3	0,2			$d+0,4$		1,0
0,8	2,1	1,4	3,2	2,4	—	—	—	—	—	—			—		

Продолжение табл. 22

Шаг резьбы S	Сбег l_3 max: нормальный	Сбег l_3 max: уменьшенный	Недорез [*2] l_4 max: нормальный	Недорез [*2] l_4 max: уменьшенный	Проточка, Тип I, нормальная: b_1	Тип I, нормальная: r	Тип I, нормальная: r_1	Тип I, узкая: b_1	Тип I, узкая: r	Тип I, узкая: r_1	Тип II: b_1	Тип II: r	d_4	Фаска C [*3] для вариантов: 1	Фаска C [*3] для вариантов: 2
1,0	2,7	1,8	4,0	3,0	4,0	10	0,5	1,6	0,5	0,3	3,6	2,0	$d+0,5$	2,0	1,0
1,25	3,3	2,2	5,0	3,8	5,0			2,0			4,5	2,5		2,5	
1,5	4,0	2,7	6,0	4,5	6,0	1,5		2,5	1,0		5,4	3,0	$d+0,7$		1,5
1,75	4,7	3,2	7,0	5,2	7,0						6,2	3,5		3,0	
2	5,5	3,7	8,0	6,0	8,0	2,0		3,0		0,5	6,5		$d+1,0$		2,0
2,5	7,0	4,7	10,0	7,5				4,0			8,9	5,0		4,0	
3		5,7		9,0	10,0						11,4	6,5	$d+1,2$		2,5
3,5		6,6		10,5			1,0	5,0	1,5		13,1	7,5		5,5	
4		7,6		12,5	12						14,3	8,0	$d+1,5$		3,0
4,5		8,5		14,0	14	3,0					16,6	9,5			
5	—	9,5		16,0				6,0			18,4			7,0	
5,5		—			16				2,0	1,0	18,7	10,5	$d+1,8$	8,0	4,0
6								8,0			18,9		$d+2,0$	8,5	

*1 При выполнении резьбы в упор рекомендуется применять резьбообразующий инструмент с длиной заборной части не более трех шагов.

Разрешается для резьбы в сквозных отверстиях увеличивать сбег до шести шагов, а в глухих — увеличивать величину недреза, указанную в таблице, на два шага, если это допустимо по условиям конструкции.

*2 См. вторую сноску в табл. 22, *а*.

*3 Вариант 1 при сопряжении с наружной резьбой, имеющей проточку тип II (см. табл. 22, *а*); вариант 2 — для всех других случаев.

*4 Для диаметров 6 *мм* и более.

23. Диаметры расточенных отверстий в *мм* под нарезание метрических резьб

Шаг резьбы	Диаметр отверстия		Шаг резьбы	Диаметр отверстия	
	Номинал [*1]	Допуск		Номинал [*1]	Допуск
0,5	$d - 0,5$	+0,1	3	$d - 3,18$	+0,31
0,75	$d - 0,77$	+0,15	3,5	$d - 3,7$	+0,33
1	$d - 1,04$	+0,16	4	$d - 4,23$	+0,38
1,25	$d - 1,3$		4,5	$d - 4,75$	+0,43
1,5	$d - 1,55$	+0,17	5	$d - 5,3$	+0,48
1,75	$d - 1,82$	+0,2	5,5	$d - 5,85$	+0,54
2	$d - 2,1$	+0,23	6	$d - 6,38$	+0,58
2,5	$d - 2,64$	+0,25			

[*1] d — номинальный диаметр резьбы в *мм*.

Пример. Резьба М10×1,5; диаметр отверстия $8,45^{+0,17}$ *мм*.

24. Диаметры расточенных отверстий под нарезание трапецеидальных резьб

Номинальный диаметр резьбы	Резьба [*1]					
	крупная		нормальная		мелкая	
	D	O	D	O	D	O
10	—	—	7	+0,15	8	+0,10
12			9		10	
14			11		12	
16			12	+0,20	14	
18			14		16	
20			16		18	
22	14	+0,40	17	+0,25	20	
24	16		19		22	
26	18		21		24	
28	20		23		26	

Продолжение табл. 24

Номинальный диаметр резьбы	Резьба [*1]					
	крупная		нормальная		мелкая	
	D	*O*	*D*	*O*	*D*	*O*
30	22	+0,50	24	+30	27	+0,15
32			26		29	
36	26		30		33	
40	30		34		37	
44	32	+0,60	36	+0,40	41	
50	38		42		47	
55	43		47		52	
60	48		52		57	
65	49	+0,80	55	+0,50	61	+0,20
70	54		60		66	
75	59		65		71	
80	64		70		76	
85	65	+1,00	73	+0,60	80	+0,25
90	70		78		85	
95	75		83		90	
100	80		88		95	
110	90		98		105	
120	96	+1,20	104	+0,80	114	+0,30
130	106		114		124	
140	116		124		134	
150	126		134		144	
160	136		144		152	+0,40
170	146		154		162	
180	151	+1,60	160	+1,00	172	
190	158		170		182	+0,60
200	168		180		190	
210	178		190		200	
220	188		200		210	
240	200	+2,00	216	+1,20	228	+0,60
250	210		226		238	
260	220		236		248	
280	240		256		268	
300	260		276		288	

[*1] *D* — диаметр расточки; *O* — отклонение.

25. Диаметры расточенных отверстий под нарезание трубных цилиндрических резьб

Диаметр		Допуск в *мм*	Диаметр		Допуск в *мм*
резьбы в дюймах	отверстия в *мм*		резьбы в дюймах	отверстия в *мм*	
1/8	8,80	+0,12	1 3/8	41,60	+0,34
1/4	11,80		1 1/2	45,00	
3/8	15,20	+0,14	1 3/4	51,00	
1/2	18,90		2	56,90	
5/8	20,90		2 1/4	62,95	+0,40
3/4	24,30	+0,28	2 1/2	72,45	
7/8	28,30		2 3/4	78,80	
1	30,50		3	85,10	
1 1/8	35,20	+0,34	3 1/4	91,20	+0,46
1 1/4	39,20		3 1/2	97,55	

Стержни (заготовки) под наружную резьбу. Диаметры стержней под нарезание наружной метрической резьбы назначают с учетом вспучивания заготовки и допусков на наружный диаметр резьбы:

$$d_3 = d^{\overset{-\Delta}{-\delta}},$$

где d_3 — диаметр заготовки в *мм*; d — номинальный диаметр резьбы в *мм*; $\Delta \approx 0{,}04\sqrt{S}$ — гарантийный запас на вспучивание в *мм*; δ — допуск на наружный диаметр резьбы по стандарту в *мм*.

Величины Δ и δ для различных шагов и классов точности приведены в табл. 26—28.

26. Отклонения диаметров стержней под нарезание метрических резьб
(Размеры в *мм*)

Класс точности резьбы	Шаг резьбы S											
	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,75	0,8	1	1,25
2-й	—0,02 —0,065	—0,02 —0,08	—0,02 —0,09	—0,03 —0,10	—0,03 —0,11	—0,03 —0,12	—0,04 —0,13	—0,04 —0,14	—0,04 —0,15	—0,04 —0,16	—0,05 —0,18	—0,05 —0,20
3-й	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—0,04 —0,22	—0,05 —0,25	—0,05 —0,30

Класс точности резьбы	Шаг резьбы S										
	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
2-й	—0,05 —0,24	—0,05 —0,26	—0,06 —0,29	—0,06 —0,33	—0,07 —0,37	—0,07 —0,40	—0,07 —0,42	—0,08 —0,45	—0,08 —0,50	—0,10 —0,55	—0,10 —0,60
3-й	—0,05 —0,35	—0,05 —0,38	—0,06 —0,41	—0,06 —0,48	—0,07 —0,52	—0,07 —0,55	—0,07 —0,60	—0,08 —0,65	—0,08 —0,70	—0,10 —0,75	—0,10 —0,80

П р и м е р. Резьба М10×1,5 — 2 кл.; диаметр стержня $10^{-0,05}_{-0,24}$.

27. Диаметры заготовок под нарезание трапецеидальных резьб

Номинальный диаметр резьбы и диаметр обточки	Отклонения по диаметру обточки			Номинальный диаметр резьбы и диаметр обточки	Отклонения по диаметру обточки			Номинальный диаметр резьбы и диаметр обточки	Отклонения по диаметру обточки		
	Крупная резьба	Нормальная резьба	Мелкая резьба		Крупная резьба	Нормальная резьба	Мелкая резьба		Крупная резьба	Нормальная резьба	Мелкая резьба
10				44				130			
12		—0,15		50				140			—0,30
14				55	—0,60	—0,40	—0,15	150	—1,20	—0,80	
16	—			60				160			
18		—0,20		65				170			—0,40
20			—0,10	70	—0,80	—0,50	—0,20	180			
22				75				190			
24	—0,40	—0,25		80				200	—1,60	1,00	
26				85				210			—0,50
28				90				220			
30				95	—1,00	—0,60	—0,25	240			
32	—0,50	—0,30	—0,15	100				250			
36				110				260	—2,00	—1,20	—0,60
40				120	—1,20	—0,80	—0,30	280			
								300			

28. Диаметры заготовок (стержней) под нарезание трубных цилиндрических резьб

Диаметр резьбы в дюймах	Диаметр стержня в мм	Допуск в мм	Диаметр резьбы в дюймах	Диаметр стержня в мм	Допуск в мм
1/8	9,48	—0,10	1 3/4	43,98	—0,17
1/4	12,86	—0,12	1 1/2	47,37	
3/8	17,36		1 3/4	53,34	—0,20
1/2	20,64	—0,14	2	59,21	
5/8	22,61		2 1/4	65,33	
3/4	26,11		2 1/2	74,74	
7/8	29,88		2 3/4	81,12	
1	32,92	—0,17	3	87,46	
1 1/8	37,55		3 1/4	93,56	—0,24
1 1/4	41,53		3 1/2	99,91	

НАКАТКА

Накатку прямую или косую сетчатую наносят на поверхности круглых головок винтов (болтов), гаек и шайб.

Шаг накатки (табл. 29) выбирают в зависимости от ширины накатки и диаметра заготовки.

Прямую накатку производят одним роликом, а косую сетчатую — двумя роликами с правой и левой насечками.

После накатки диаметр изделия больше диаметра заготовки на величину $\Delta \approx (0{,}25 - 0{,}5)\ t$, где t — шаг накатки.

В чертеже вместо диаметра накатываемого изделия условно проставляют диаметр заготовки.

Угол заострения накатки (α) рекомендуется: для цветных металлов 90°, для конструкционной стали 75°, для инструментальной стали 60°.

29. Накатка наружных поверхностей (по ОСТам 26016 и 26017)
Размеры в *мм*

<table>
<tr><th rowspan="4">Ширина накатки</th><th colspan="5">Прямая накатка</th><th colspan="10">Косаи сетчатая накатка</th></tr>
<tr><th colspan="5">Все матерналы</th><th colspan="5">Латунь, алюминий, фибра</th><th colspan="5">Сталь</th></tr>
<tr><th colspan="15">Диаметр заготовки</th></tr>
<tr><th>До 8</th><th>От 8 до 16</th><th>От 16 до 32</th><th>От 32 до 64</th><th>От 64 до 100</th><th>До 8</th><th>От 8 до 16</th><th>От 16 до 32</th><th>От 32 до 64</th><th>От 64 до 100</th><th>До 8</th><th>От 8 до 16</th><th>От 16 до 32</th><th>От 32 до 64</th><th>От 64 до 100</th></tr>
<tr><td>До 2</td><td rowspan="5">0,5</td><td>0,5</td><td>0,5</td><td rowspan="2">0,6</td><td rowspan="3">0,8</td><td rowspan="5">0,6</td><td rowspan="5">0,6</td><td>0,6</td><td>0,6</td><td rowspan="3">0,8</td><td rowspan="5">0,6</td><td rowspan="2">0,6</td><td rowspan="2">0,8</td><td rowspan="2">0,8</td><td rowspan="2">0,8</td></tr>
<tr><td>От 2 до 6</td><td rowspan="4">0,6</td><td>0,6</td><td rowspan="4">0,8</td><td rowspan="2">0,8</td></tr>
<tr><td>» 6 » 14</td><td rowspan="3">0,8</td><td>0,8</td><td rowspan="3">0,8</td><td rowspan="3">1,0</td><td>1,0</td><td>1,0</td></tr>
<tr><td>» 14 » 30</td><td rowspan="2">1,0</td><td>1,0</td><td rowspan="2">1,0</td><td>1,0</td><td rowspan="2">1,2</td><td>1,2</td></tr>
<tr><td>Св. 30</td><td>1,2</td><td>1,2</td><td>1,6</td></tr>
</table>

ЗУБЧАТЫЕ И ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Зубчатые и червячные передачи передают вращение и крутящий момент благодаря зацеплению пары зубчатых колес или червяка с червячным колесом.

Передаточным отношением (числом) i зубчатой (червячной) передачи называют отношение угловых скоростей ω_1 и ω_2 или чисел оборотов в минуту n_1 и n_2 двух колес (или червяка и червячного колеса), находящихся в зацеплении:

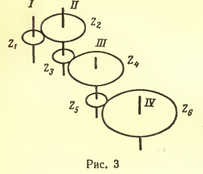


Рис. 3

$$i_{21} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2};$$

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1};$$

$$i_{чк} = \frac{\omega_к}{\omega_ч} = \frac{n_к}{n_ч} = \frac{z_ч}{z_к}$$

При числе зубчатых колес в передаче, большем двух, передаточное отношение передачи определяется как произведение передаточных отношений соответствующих пар колес.

Пример. Определить передаточное отношение для зубчатой передачи, приведенной на рис. 3.

Дано: $z_1 = 20$; $z_2 = 40$; $z_3 = 24$; $z_4 = 60$; $z_5 = 20$; $z_6 = 80$.

Передаточные отношения между валами будут

$$i_{I-IV} = \frac{z_1 \cdot z_3 \cdot z_5}{z_2 \cdot z_4 \cdot z_6} = \frac{20 \cdot 24 \cdot 20}{40 \cdot 60 \cdot 80} = \frac{1}{20};$$

$$i_{II-IV} = \frac{z_3 \cdot z_5}{z_4 \cdot z_6} = \frac{24 \cdot 20}{60 \cdot 80} = \frac{1}{10};$$

$$i_{III-IV} = \frac{z_5}{z_6} = \frac{20}{80} = \frac{1}{4}.$$

П р о ф и л ь з у б а зубчатых колес описывается эвольвентой, циклоидой и т. д.

П р о ф и л ь ч е р в я к а описывается архимедовой спиралью, конволютой, эвольвентой и т. д.

Основные элементы зубчатого зацепления показаны на рис. 4.

Окружности, являющиеся центроидами зубчатых колес в относительном движении, называются н а ч а л ь н ы м и окружностями.

Окружности зубчатых колес, на которых шаг и угол зацепления равны теоретическому, называются д е л и т е л ь н ы м и. В некорригированных зубчатых зацеплениях делительные и начальные окружности совпадают.

Линия, являющаяся геометрическим местом точек касания сопряженных профилей, называется л и н и е й з а ц е п л е н и я (*ГД*).

Угол между линией зацепления и общей касательной к начальным окружностям или нормалью к линии центров O_1O_2 называется углом зацепления (α_s).

Точка касания начальных окружностей, являющаяся точкой пересечения линии зацепления с линией центров, называется *полюсом зацепления* (P).

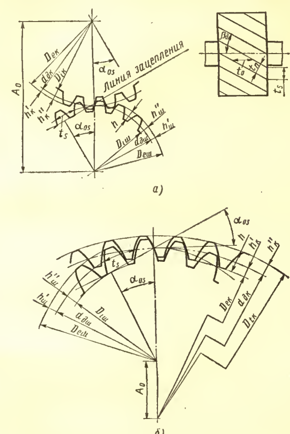


Рис. 4

Расстояние между одноименными эвольвентами двух соседних зубьев, измеренное по дуге начальной окружности, называется *шагом* (t).

Отношение диаметра делительной окружности к числу зубьев колеса называется *модулем* колеса (m).

Значения модулей стандартизованы (табл. 30).

30. Ряд модулей зубчатых зацеплений (по ГОСТу 9563—60*[1]) в мм

0,05	0,055	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,14
0,15	0,18	0,2	0,22	0,25	0,28	0,3	0,35	0,4	0,45
0,5	0,55	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,125	1,25	1,375
1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,5	4	4,5
5	5,5	6	7	8	9	10			

*[1] Величины модулей от 11 до 100 *мм* см. по ГОСТ 9563—60*.

В дюймовой системе мер при расчете зубчатых передач применяют диаметральный питч, величина которого равна числу зубьев, приходящихся на 1" диаметра делительной окружности (табл. 31—32).

Типы зубчатых передач приведены в табл. 33, основные формулы для расчета зубчатых колес и червячных передач — в табл. 34—36.

Стандартные значения m_s и q для редукторов червячных передач и значения углов подъема винтовой линии приведены в табл. 37—38.

31. Соотношения между модулем и питчем

Модуль в *мм*	Питч	Модуль в *мм*	Питч	Модуль в *мм*	Питч
0,5	50,800	2,25	11,288	5	5,080
0,75	33,867	2,5	10,160	5,5	4,618
1	25,400	2,75	9,236	6	4,233
1,25	20,320	3,0	8,466	7	3,628
1,5	16,933	3,5	7,257	8	3,175
1,75	14,514	4	6,350		
2,0	12,700	4,5	5,644		

32. Соотношения между питчем и модулем

Питч	Модуль в *мм*	Питч	Модуль в *мм*	Питч	Модуль в *мм*
3 1/2	7,26	10	2,540	22	1,154
4	6,35	11	2,310	24	1,058
5	5,08	12	2,120	26	0,977
6	4,23	14	1,810	28	0,907
7	3,63	16	1,587	30	0,847
8	3,17	18	1,411	34	0,794
9	2,82	20	1,270	36	0,705

33. Типы зубчатых передач

Тип зубчатой передачи	Условное обозначение	Особенности	Тип зубчатой передачи	Условное обозначение	Особенности
Цилиндрическая прямозубая, косозубая и с шевронным зубом		Оси колес параллельны. Наиболее простая передача. Косой зуб обеспечивает плавность хода, шевронный — передачу больших усилий	Винтовая (гиперболоидная)		Перекрещивающиеся оси колес. Плавный ход и более высокий коэффициент полезного действия
Коническая, прямозубая, косозубая, с криволинейным зубом		Оси колес пересекаются. Угол между осями колес может быть острым, тупым и равным 90°	Червячная передача с цилиндрическим и глобоидным червяком		Большие передаточные числа

34. Основные формулы для расчета колес наружного и внутреннего зацепления

№ по пор.	Параметры	Обозначение и способ определения		
		Прямозубые колеса	Косозубые и шевронные колеса со стандартными элементами	
			в нормальном сечении (индекс n)	в торцовом сечении (индекс s)
		Исходные данные (определяют путем обмеров с натуры либо выбирают на основании расчетов)		
1	Число зубьев шестерни и колеса		$z_ш$, $z_к$	
2	Данные исходного контура: а) модуль б) угол зацепления в) коэффициент высоты зуба г) коэффициент радиального зазора	m α_0 f_0 c'_0	m_n α_{on} f_{on} c'_{on}	m_s α_{os} f_{os} c'_{os}
3	Коэффициент коррекции шестерни и колеса	$\xi_ш = -\xi_к$	$\xi_{nш} = -\xi_{nк}$	$\xi_{sш} = -\xi_{sк}$
4	Угол наклона зуба по делительному цилиндру	—	$\beta_д$	
5	Межцентровое расстояние	$A_0 = 0,5 \times$ $\times (z_к \pm z_ш)\, m$	$A_0 = 0,5\,(z_к \pm z_ш)\; m_s$ *1	
		Основные зависимости		
6	Осевой шаг	—	$t_a = \dfrac{\pi m_n}{\sin \beta_д}$	$t_a = \dfrac{\pi m_s}{\operatorname{tg} \beta_д}$

*1 Модуль торцовый (см. табл. 37).

Продолжение табл. 34

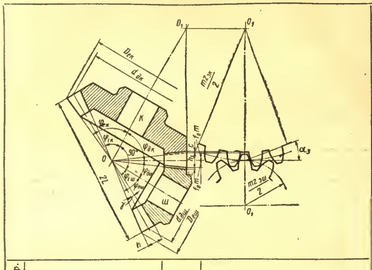
№ по пор.	Параметры	Обозначение и способ определения		
		Прямозубые колеса	Косозубые и шевронные колеса со стандартными элементами	
			в нормальном сечении (индекс n)	в торцовом сечении (индекс s)
7	Модуль торцовый	m — задан	$m_s = \dfrac{m_n}{\cos \beta_\partial}$	m_s — задан
8	Модуль нормальный	—	m_n — задан	$m_n = m_s \cos \beta_\partial$
9	Диаметры делительных окружностей шестерни и колеса	$d_{\partial ш} = mz_ш$ $d_{\partial к} = mz_к$	$d_{\partial ш} = m_s z_ш$ $d_{\partial к} = m_s z_к$	
10	Высота зуба	$h = \left(2f_o + c'_0\right) m$	$h = \left(2f_{on} + c'_{on}\right) m_n$	$h = \left(2f_{os} + c'_{os}\right) m_s$
11	Высота ножки зуба шестерни и колеса	$h''_ш = \left(f_0 + c'_0 - \xi_ш\right) m$; $h''_к = \left(f_0 + c'_0 \pm \xi_к\right) m$	$h''_ш = \left(f_{on} + c'_{on} - \xi_{nш}\right) m_n$ $h''_к = \left(f_{on} + c'_{on} \pm \xi_{nк}\right) m_n$	$h''_ш = \left(f_{os} + c'_{os} - \xi_{sш}\right) m_s$ $h''_к = \left(f_{os} + c'_{os} \pm \xi_{sк}\right) m_s$
12	Высота головки зуба шестерни и колеса	$h'_ш = h - h''_ш$ $h'_к = h - h''_к$		
13	Диаметры окружностей впадин шестерни и колеса	$D_{iш} = d_{\partial ш} - 2h''_ш$ $D_{iк} = d_{\partial к} \pm 2h''_к$		
14	Диаметры окружностей выступов шестерни и колеса	$D_{eш} = (D_{iш} + 2h) - \Delta D_{eш}$ $D_{eк} = (D_{iк} \pm 2h) \pm \Delta D_{eк}$		

Продолжение табл. 34

№ по пор.	Параметры	Обозначение и способ определения		
		Прямозубые колеса	Косозубые и шевронные колеса со стандартными элементами	
			в нормальном сечении (индекс n)	в торцовом сечении (индекс s)
15	Угол зацепления в торцовом сечении	α_0 — задан	$\operatorname{tg} \alpha_{os} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{on}}{\cos \beta_\partial}$	α_{os} — задан
16	Угол зацепления в нормальном сечении	—	α_{on} — задан	$\operatorname{tg} \alpha_{on} = \operatorname{tg} \alpha_{os} \times \times \cos \beta_\partial$
17	Шаг по делительной окружности (торцовый шаг)	$t = \pi m$	$t_s = \pi m_s$	
18	Шаг нормальный	—	$t_n = \pi m_n$	
19	Коэффициент коррекции в торцовом сечении	ξ — задан	$\xi_s = \xi_n \cos \beta_\partial$	ξ_s — задан
20	Коэффициент коррекции в нормальном сечении	—	ξ_n — задан	$\xi_n = \frac{\xi_s}{\cos \beta_\partial}$

Примечание. Для прямозубого некорригированного зацепления, нарезанного стандартным инструментом ($\alpha_0 = 20^\circ$; $f_0 = 1$; $c_0' = 0,25$), формулы имеют вид $d_\partial = mz$; $h = 2,25\ m$; $h' = m$; $h'' = 1,25\ m$; $D_{eш} = m(z_ш + 2)$; $D_{ек} = m(z_к \pm 2)$; $D_{iш} = m(z_ш - 2,5)$; $D_{iк} = m(z_к \pm 2,5)$; $t = \pi m$; $A = 0,5(z_к \pm z_ш)\ m$.

35. Основные формулы для расчета конических зубчатых колес с углом между осями 90°

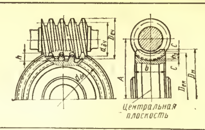


№ по пор.	Параметры	Обозначение	Расчетные формулы
1	Число зубьев шестерни и колеса	$z_ш$ $z_к$	Определяются с натуры или задаются
2	Передаточное число	i	$i = z_к : z_ш$
3	Угол зацепления в торцовом сечении	α_s	$\alpha_s = 20°$ (по ГОСТу 3058—54)
4	Коэффициент высоты зуба	f_0	$f_0 = 1,0$
5	Коэффициент радиального зазора	c_0'	$c_0' = 0,25$
6	Угол делительного конуса шестерни (колеса)	$\varphi_д$	$\operatorname{tg} \varphi_{дш} = z_ш / z_к$; $\varphi_{дк} = 90° - \varphi_{дш}$
7	Число зубьев основного плоского колеса	z_0	$z_0 = \sqrt{z_ш^2 + z_к^2}$

Продолжение табл. 35

№ по пор.	Параметры	Обозначение	Расчетные формулы
8	Модуль в торцовом сечении	m_s	Определяется с натуры. Значения см. в табл. 37
9	Конусное расстояние	L	$L = \frac{z_0 m s}{2}$
10	Радиальный зазор	c	$c = c' m_s$
11	Наружный диаметр шестерни (колеса)	D_e	$D_{еш} = z_ш m_s + 2f_0 m_s \cos \varphi_ш$; $D_{ек} = z_к m_s + 2f_0 m_s \cos \varphi_к$
12	Диаметр делительной окружности шестерни (колеса)	$d_д$	$d_{дш} = z_ш m_s$; $d_{дк} = z_к m_s$
13	Высота головки зуба	h'	$h' = f_0 m_s$
14	Высота ножки зуба	h''	$h'' = m_s (f_0 + c'_0)$
15	Полная глубина зуба	h	$h = m_s (2f_0 + c'_0)$
16	Глубина захода	$h_з$	$h_з = 2f_0 m_s$
17	Угол ножки зуба	γ	$\operatorname{tg} \gamma = \frac{m_s (f_0 + c'_0)}{L}$
18	Угол наружного конуса шестерни (колеса)	φ_e	$\varphi_{еш} = \varphi_{дш} + \gamma$; $\varphi_{ек} = \varphi_{дк} + \gamma$
19	Угол внутреннего конуса шестерни (колеса)	φ_i	$\varphi_{iш} = \varphi_{дш} - \gamma$; $\varphi_{iк} = \varphi_{дк} - \gamma$
20	Эквивалентное число зубьев шестерни (колеса)	$z_э$	$z_{эш} = \frac{z_ш}{\cos \varphi_{дш}}$; $z_{эк} = \frac{z_к}{\cos \varphi_{дк}}$

36. Основные формулы для расчета червячных передач



№ по пор.	Параметры	Обозначения	Расчетные формулы
1	Число заходоа черяака	$z_ч$	Определяются с натуры или задаются
2	Число зубьев колеса	$z_к$	
3	Осевой шаг червяка	t_s	
4	Передаточное число	i	$i = z_к : z_ч$
5	Модуль	m_s	$m_s = \frac{t_c}{\pi} = 0{,}3183 t_s$
6	Коэффициент высоты зуба	f_0	Обычно $f_0 = 1{,}0$
7	Раднальный зазор	c	Обычно $c = 0{,}2 \div 0{,}3 m_s$
8	Высота внтка черяака и высота зуба колеса	h	$h_ч = h_к = 2f_0 m_s + c$
9	Днаметр делнтельной окружиостн черяака (колеса)	$d_∂$	$d_{∂ч} = q m_s;\ d_{∂к} = z_к m_s$
10	Число модулей в диаметре делнтельной окружности	q	$q = \frac{d_{∂ч}}{ms}$ Стандартные значення см. а табл. 37
11	Коэффициент коррекцнн	ξ	$\xi = \frac{A}{m_s} - 0{,}5\,(q + z_к)$

Продолжение табл. 36

№ по пор.	Параметры	Обозначения	Расчетные формулы
12	Межосевое расстояние	A	$A = 0{,}5m_s (q + z_к + 2\xi)$
13	Диаметр окружности выступов червяка (колеса)	D_e	$D_{еч} = d_{дч} + 2f_0 m_s$; $D_{ек} = 2A - d_{дч} + 2f_0 m_s$
14	Диаметр окружности впадин червяка (колеса)	D_i	$D_{iч} = d_{дч} - 2f_0 m_s - 2c$; $D_{iк} = 2A - d_{дч} - 2f_0 m_s - 2c$
15	Ход винтовой линии витка	S	$S = t_s z_ч$
16	Угол подъема винтовой линии червяка на делительном цилиндре	$\lambda_д$	$\operatorname{tg} \lambda_д = \frac{z_ч}{q}$ Значения $\lambda_д$ см. в табл. 38
17	Угол зацепления в осевом сечении	α	Для червяков со спиралью Архимеда $\alpha = 20°$. Для эвольвентных и удлиненно эвольвентных червяков $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{on}}{\cos \lambda_д}$
18	Угол зацепления в нормальном сечении	α_{on}	Для червяков со спиралью Архимеда $\operatorname{tg} \alpha_{on} = \operatorname{tg} \alpha \cos \lambda_д$ Для эвольвентных и удлиненно эвольвентных червяков обычно $\alpha = 20°$
19	Осевая толщина витка червяка по делительному цилиндру	$S_{ад}$	$S_{ад} = m_s \left(\frac{\pi}{2} - 0{,}2 \operatorname{tg} \alpha\right)$
20	Нормальная толщина червяка по делительному цилиндру	$S_{nч}$	$S_{nч} = S_{ад} \cos \lambda_{on}$

37. Стандартные значения m_s и q для редукторов червячных передач

m_s в мм	q	m_s в мм	q	m_s в мм	q
2	10; 12 (14); 16	4	9; 10; 12; (14); 16;	(9) 10	8; 10; 12 8; 10; 12
(2,5) 2,5	12; 14 10; 12; (14); 16	(4,5) 5 (5,5)	10; 12; 16 9; (10); 12; 16 9; 10; 12	11 12 14	8; 10; 12 8; 10; (12) 8; (10)
(2,75) 3 3,5	10; 12 10; 12; (14) (10); 12; 14	6 7 8	9; 10; (12); (14) 9; 10; 12; 8; 9; 10; 12	16 (18) 20	8; 9 8 7,5

38. Углы подъема винтовой линии λ_∂ в зависимости от числа заходов червяка

q	z_r		
	1	2	3
16	3°34′35″	7°7′30″	14°02′10″
14	4°05′08″	8°07′48″	15°56′43″
12	4°45′49″	9°27′44″	18°25′06″
10	5°42′38″	11°18′36″	21°48′05″
9	6°20′25″	12°31′44″	23°57′45″
8	7°07′30″	14°02′10″	26°33′54″
7,5	7°35′41″	14°55′53″	28°04′21″

ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Область применения — в машинах различных назначений, особенно широко в сельскохозяйственных и транспортных машинах.

Достоинства: возможность применения в значительном диапазоне межосевых расстояний; малые габаритные размеры по сравнению с передачами гибкой связью; отсутствие скольжения; высокий к. п. д.; малые силы, действующие на валы; возможность легкой замены цепи; возможность передачи движения нескольким звездочкам.

Недостатки: потребность в натяжных устройствах вследствие вытягивания цепей; повышенные требования к точности установки валов; неравномерность вращения ведомых звездочек; шум при работе.

Типы, основные параметры и размеры элементов цепных передач приведены в табл. 39—42.

39. Типы приводных цепей

Тип цепи	ГОСТ	Шаги	Разрушающая нагрузка в $кГ$	Применение
Роликовая однорядная	10947—64*	8; 9,525; 12,7; 15,875; 19,05; 25,4; 31,75; 38,1; 44,45; 50,8	460—16 000	Общее
Роликовая повышенной точности и прочности	10947—64*	19,05; 25,4; 31,75; 38,1; 44,45; 50,8; 63,5	3200—35900	Машины нефтяной промышленности
Роликовая	10947—64*	12,7; 15,875	900—2300	Велосипеды и мотоциклы
Роликовая	10947—64*	15,87; 19,05; 25,4; 38,1; 44,15	2300—10000	Сельскохозяйственные машины
Роликовая с изогнутыми пластинками	10947—64*	78,1; 103,2; 140	36 000—120 000	При динамических нагрузках
Втулочная	10947—64*	9,525	1100—1800	Общее Велосипеды
Пластинчатая зубчатая	—	12,7; 15,87; 19,03; 25,4; 31,75	1900—68 600	Общее
Из литых крючковых звеньев	1054—53	30; 38; 41,3	600—1500	Сельскохозяйственные машины
Из штампованных крючковых звеньев	4187—56*	30,38; 41,3	600—900	Сельскохозяйственные машины

40. Основные параметры цепных передач

Наименование параметра	Обозначение	Формулы для расчета и рекомендуемые величины
Передаточное число	i	$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$. n_1 и n_2 — число оборотов быстроходной и тихоходной звездочек
Число зубьев звездочек	z_1; z_2	Рекомендуемое число зубьев малой звездочки см. табл. 41
Число оборотов звездочки в минуту	n	Наибольшие допустимые величины для малой звездочки см. табл. 42
Шаг цепи в *мм*	t	См. табл. 39 и 42
Скорость цепи (средняя) в *м/сек*	v	$v = \frac{znt}{60 \cdot 1000}$ *м/сек*. Обычно $v \leqslant 15$ *м/сек*
Потребное число звеньев цепи	W	$W \cong \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{2A}{t} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi}\right)^2 \frac{t}{A}$, где A — предварительно выбранное межосевое расстояние
Расстояние между осями звездочек в *мм*		При $i \leqslant 3$ $A_{\min} = \frac{D_1 + D_2}{2} + (30 \div 50)$ *мм*; при $i \geqslant 3$ $A_{\min} = \frac{D_1 + D_2}{2} \cdot \frac{9 + i}{10}$, где D_1 и D_2 — наружные диаметры звездочек. Оптимальные межосевые расстояния $A = (30 \div 50)\ t$; $A_{\max} = 80t$. По выбранному числу звеньев $A = \frac{t}{4}\left[W - \frac{z_1 + z_2}{2} + \right.$ $\left. + \sqrt{\left(W - \frac{(z_1 + z_2)^2}{2} - 8\left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi}\right)^2\right.}\right.$

41. Рекомендуемые числа зубьев малой звездочки

Тип цепи	Передаточное число i					
	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	>6
	Число зубьев z					
Втулочно-роликовая	30—27	27—25	25—23	23—21	21—17	17—15
Зубчатая	35—32	32—30	30—27	27—23	23—19	19—17

42. Наибольшие допустимые числа оборотов малой звездочки в минуту

Число зубьев z	Шаг t в *мм*							
	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1	44,45	50,8
	Число оборотов в минуту							
Втулочно-роликовые цепи								
$z = 23$	2500	2100	1500	1250	1100	800	750	650
$z = 30$	2600	2200	1550	1300	1100	850	750	700
Зубчатые цепи								
$z = 17 \div 35$	3300	2650	2200	1650	1300	—	—	—

Примечание. Втулочно-роликовые цепи повышенной точности и прочности (ГОСТ 10 947—64) позволяют повышать числа оборотов в минуту на 25%.

РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Характеристики и основные данные ременных передач приведены в табл. 43—45.

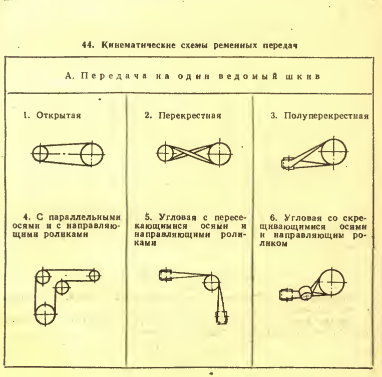
Передаточным отношением i ременной передачи является отношение чисел оборотов ведущего и ведомого шкивов:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \approx \frac{D_2}{D_1}.$$

43. Типы и особенности ременных передач

Типы ременных передач	Особенности
Плоскоременные передачи	Наиболее распространены, просты
Зубчатоременные передачи	Компактны, надежны, достаточно быстроходны, работают без скольжения
Клиноременные передачи	Лучшее, чем у плоскоременных передач, сцепление ремня со шкивом; допускает малые углы обхвата, большие передаточные числа, малые межосевые расстояния и передачу на несколько ведомых валов

44. Кинематические схемы ременных передач



Продолжение табл. 44

Б. Передача на несколько ведомых шкивов



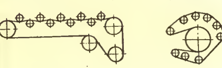
7. Простая

8. С нажимным роликом

9. Компаунд

10. Многошкивная

11. Специальная

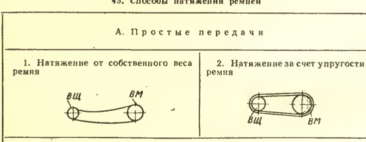


45. Способы натяжения ремней

А. Простые передачи

1. Натяжение от собственного веса ремня

2. Натяжение за счет упругости ремня



Б. Натяжные передачи

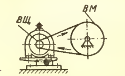
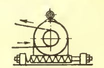
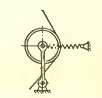
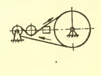
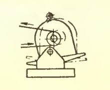
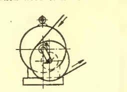
3. Натяжение оттягиванием оси шкива (электродвигателя)

4. Натяжение качанием оси шкива (электродвигателя)

5. Натяжение нажимным или оттжимным роликом



Продолжение табл. 45

<table>
<tr><td colspan="2">В. Самонатяжные передачи с постоянным натяжением</td></tr>
<tr><td>6. Натяжение грузом (весом электродвигателя)
</td><td>7. Натяжение пружиной
</td></tr>
<tr><td>8. Натяжение нажимным роликом с пружиной
</td><td>9. Натяжение натяжным роликом с грузом
</td></tr>
<tr><td colspan="2">С переменным натяжением (типа Sespa)</td></tr>
<tr><td>10. Натяжение от электрического реактивного момента
</td><td>11. Натяжение от механического реактивного момента
</td></tr>
</table>

46. Стандартные значения ширины в приводных ремнях [*1] в *мм*
(по ГОСТам 101—54, 1898—48, 6982—54 и ОСТу НКТП 3157)

Тип ремня	А, Б, В, К	А, Б, В, К	А, Б, В, Х, К	К	А, Б, В, Х, К
b	20	25	30	35	40

Продолжение табл. 46

Тип ремня	А, Б, К	А, В, Х, Ш, К	А, В, Х, Ш, К	А, В	А, В, К	А, В, Х, Ш, К
b	45	50	60	(65)	70	75

Тип ремня	А, В, К	А, В, К	А, В, Х, Ш, К	К	А, В, Х, Ш, К	А	Х, Ш, К	А	А, В, Ш, К
b	80	85	90	95	100	(115)	115	(120)	125

Тип ремня	А, Б, В, Х, Ш, К	А	Х, Ш, К	А, Б, В, Х, Ш, К	А	Х, Ш, К	А, Б, В, Х, Ш, К
b	150	(175)	175	200	(225)	225	250

Тип ремня	А	К	А, Б, В, К	А	Ш	Б, В	А, Б, В, Ш	Б, В	А, Б, В, Ш
b	(275)	275	300	(350)	350	375	400	425	450

Тип ремня	А, Б, В, Ш	А	А	А
b	500	(550)	600 до 1100 (через 100)	(1200)

*[1] В скобках нерекомендуемые размеры.

Обозначения ремней: А, Б, В — прорезиненные ремни; Х — хлопчатобумажные, Ш — шерстяные, К — кожаные.

Плоскоременные передачи (табл. 46—56). Плоские ремни изготовляют из бельтинга, связанного вулканизированной резиной, кожи, хлопчатобумажной и шерстяной ткани, капрона, нейлона, анидной ткани и др. Шкивы для плоскоременных передач изготовляют из чугуна марок СЧ 12-28, СЧ 15-32 и из стали марок 25Л и Ст.3.

Клиноременные передачи (табл. 57—64). Клиновые ремни применяют трех типов: сплошные, бесконечные, составные из пластин и многоклиновые. По конструкции клиновые ремни бывают кордтканевые, кордшнуровые и с кольцевыми канатиками. Корд может быть выполнен из полиамидных волокон.

Шкивы выполняются из чугуна СЧ 15-32, стали 25Л, сплавов АЛ3, МЛ-5 и из текстолитов.

Сравнительные данные коэффициентов полезного действия различных видов передач приведены в табл. 65.

47. Стандартные размеры и слойность приводных ремней

Размеры в *мм*

Число прокладок (слоев) z	Прорезиненные (по ГОСТу 101—54*): Ширина b ремней типа А	Толщина δ ремней типа А (с прослойками)	Ширина b ремней типа А	Толщина δ ремней типов А и Б (с прослойками)	Ширина b ремней типа Б	Толщина δ ремней типов А и Б (без прослоек)	Ширина b ремней типа В	Текстильные (тканевые): Ширина b	Толщина δ	Число слоев z
	Из бельтингов ОПБ-5, ОПБ-12 и из уточной шнуровой ткани		Из бельтинга Б-820					Хлопчатобумажные цельнотканые (по ГОСТу 6982—54)		
2	—	—	—	3	20—45	2,5	—	30—100	4,5	4
3	(115)—500	6	20—100	4,5	—	3,75	20—100	30—175	6,5	6
4	400—500	8	20—(350)	6	150—300	5	50—300	50—250	8,5	8
5	(550)—(1200)	10	20—500	7,5	150—500	6,25	50—500	Шерстяные ткани (по ОСТу НКТП 3157)		
6	800—(1200)	12	80—500	9	150—500	7,5	80—500			
7	800—(1200)	14	250—500	10,5	250—500	8,75	250—500	50—90	6	3
8	800—(1200)	16	250—500	12	250—500	10	250—500	100—175	9	4
9	—	—	500	13,5	500	11,25	500	200—500	11	5

Кожаные (по ОСТУ НКЛП 5773/176)

Одинарные	Ширина b	20—30	35—50	60—80	85—115	125—150	175—300
	Толщина δ	3	3,5	4	4,5	5	5,5
Двойные	Ширина b	—	—	—	100—115	125—150	175—300
	Толщина δ	—	—	—	7,5	9	9,5

48. Выбор приводного ремня в зависимости от условий работы

Условия работы	Виды приводных ремней			
	Прорезиненные	Кожаные	Хлопчатобумажные ткани	Шерстяные ткани
Передаваемая мощность [*1]	Любая	Малая, средняя	Малая, средняя	Малая, средняя (большая)
Удельная тяговая способность	Высокая	Высокая	Средняя	Низкая
Наибольшая скорость обыкновенных ремней в *м/сек*	Тип А: 30 (при малых $\frac{D_{\min}}{6}$). Тип Б: 20 (для прерывистой нагрузки). Тип В: 15 (при спокойной нагрузке)	40	30	20
Резкие колебания рабочей нагрузки (удары)	Не рекомендуются	Весьма пригодны	Допустимы	Весьма пригодны
Допускаемые кратковременные перегрузки	На 20—30%	На 40—50%	На 30—40%	На 40—50%
Сохраняют начальное натяжение (при l = const)	Хорошо	Удовлетворительно	Недостаточно удовлетворительно	Удовлетворительно
Перекрытие передачи, отводки, шкивы ступенчатые или с закраинами (ребордами)	Пригодны (ремни без обкладок)	Весьма пригодны ремни растительного дубления	Не пригодны	Не пригодны

[*1] По стандартному сортаменту размеров ремней (см. табл. 47).

Продолжение табл. 48

Условия работы	Виды приводных ремней			
	Прорезиненные	Кожаные	Хлопчатобумажные ткани	Шерстяные ткани
Допускаемая повышенная температура в °С	Колебания до 60° (ремня без обкладок)	До 50° (ремни растительного и хромо-растительного дубления) и до 70° (хромового дубления)	Устойчивая до 50°	Колебания до 60°
Повышенная влажность	Пригодны ремни с двусторонней обкладкой	Пригодны ремни, хорошо прожированные, склеенные специальным водостойким клеем	Не пригодны	Пригодны
Водяной пар	Пригодны ремни с обкладками	Пригодны ремни хромового дубления		
Едкие пары, газы	Пригодны ремни с двусторонней обкладкой	Не пригодны		
Кислоты	Пригодны ремня с обкладками			
Щелочи	Не пригодны	Пригодны ремни хромового дубления	Пригодны	Не пригодны
Бензин			Допустимы	Пригодны
Пыль	Пригодны (без обкладок)		Не рекомендуются	

49. Минимальные диаметры шкивов для приводных ремней разных видов

(Размеры в *мм*)

Ремни	Толщина δ	Число слоев (слойность) z	Диаметр D_{min}	
			рекомендуемый	допустимый
Из бельтинга Б-820	—	2	100	80
		3	160	125
		4	225	180
		5	280	250
		6	360	320
		7	450	400
		8	560	500
		9	710	630
Из бельтинга ОПБ-5, ОПБ-12 и из уточной шнуровой ткани		3	180	140
		4	250	200
		5	320	280
		6	450	400
		7	630	560
		8	900	800
Кожаные, одинарные	3	—	100	80
	3,5		125	100
	4		160	125
	4,5		180	140
	5		200	160
	5,5		225	180
Кожаные, двойные	7,5		360	280
	9		500	400
	9,5		560	450
Из хлопчатобумажной ткани	4,5	4	125	112
	6,5	6	200	180
	8,5	8	320	280
Из шерстяных тканей	6	3	180	160
	9	4	320	280
	11	5	450	400

Примечание. Прорезиненные ремни из бельтинга Б-820 с резиновыми прослойками и без них допускают применение шкивов одинаковых диаметров. Поэтому отношение D_{min}/δ для ремней без прослоек приблизительно на 20% больше, чем для ремней с прослойками (более гибких).

50. Стандартные диаметры шкивов (по ОСТу 1655)
(Размеры в *мм*)

Диаметр *D*	50	63	80	90	100	112	125	140	160	180	200		
Допускаемые отклонения	±1			±2									
Диаметр *D*	225	250	280	320	360	400	450	500	560	630	710	800	900
Допускаемые отклонения	±3								±4				
Диаметр *D*	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000	2250	2500	2800	3200	3600	4000
Допускаемые отклонения	±6								±8				

51. Стандартные значения ширины шкивов В (по ОСТУ 1655)
Размеры в *мм*

Ширина ремня b	30	40	50	60	(70)	75	80	85	90	100	125
Ширина шкива B	40	50	60	70	85		100			125	150
Допускаемое отклонение	—2						—4				
Стрела выпуклости обода h	1		1,5							2	
Ширина ремня b	150	175	200	225	250 и 275	300	350	400	450	500 и 550	
Ширина шкива B	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600	
Допускаемое отклонение	—6			—8			—10				
Стрела выпуклости обода h	2,5				3			4			

52. Основные формулы для расчета плоскоременных передач

Определяемый элемент	Обозначение	Формулы для расчета
Диаметр меньшего шкива в *мм* или *м*	$D_м$	$D_м = \frac{60v}{\pi n}$ ($v = 10 \div 25$ *м/сек*) чем больше мощность передачи, тем больше v (округляется до стандартного)
Диаметр большего шкива в *мм* или *м*	$D_б$	$D_б = iD_м$ (округляется до стандартного)
Передаточное отношение	i	$i = \frac{n_1}{n_2}$
Межцентровое расстояние в *мм*	l	Для открытой передачи $l_{\min} \geqslant 2(D_м + D_б)$; для передачи с натяжным роликом $l_{\min} = D_м + D_б$
Угол обхвата на малом шкиве	α	Для открытой передачи $\alpha \approx 180° - \frac{D_б - D_м}{l} \cdot 60°$ (должен быть $\geqslant 150°$); для перекрестной передачи $\alpha = 180° + \frac{D_б + D_м}{l} 60°$
Диаметр натяжного ролика в *мм*	D_0	$D_0 = (1 \div 0{,}8) D_м$ (должно быть $i = \frac{1}{10} \div 10$)
Расстояние между центрами натяжного ролика и малого шкива в *мм*	A	$A \geqslant D_0 + (0{,}5 \div 1) D_м$
Число пробегов в *сек*$^{-1}$	u	$u = \frac{v}{L}$ (должно быть $\leqslant 3$)
Длина ремня в *мм*	L	$L = 2l + \pi m + \frac{\Delta^2}{l}$, где $m = \frac{D_б + D_м}{2}$; $\Delta = \frac{D_б - D_м}{2}$

Продолжение табл. 52

Определяемый элемент	Обозначение	Формулы для расчета
Ширина ремня в *мм*	b	$b = \frac{P}{p \cdot C_0 C_1 C_2 C_3}$ (округляется до стандартного)

$$[1]\ P = \frac{75N}{v};\quad [2]\ P = \frac{102N}{v};\quad P = \frac{2M_{кр}}{D},$$

где P — окружное усилие в *кГ*; p — допускаемое удельное окружное усилие на единицу ширины в *кГ/см*; v — окружная скорость в *м/сек*; $v = \frac{\pi D n}{60}$; N — мощность в *л. с.* [1] или *квт* [2]; $M_{кр}$ — крутящий момент в *кГ·м*; D — диаметр шкива в *м*; C_0 — поправочный коэффициент, зависящий от рода и расположения передачи (см. табл. 53); C_1 — поправочный коэффициент на влияние угла обхвата (см. табл. 54); C_2 — поправочный коэффициент на влияние скорости (см. табл. 55); C_3 — поправочный коэффициент на влияние режима работы (см. табл. 56).

53. Коэффициент C_0

Вид передачи	Коэффициент C_0 при угле γ_0		
	0—60	60—80	80—90
Самонатяжные передачи (с автоматическим натяжением ремня)	1,0		
Натяжные передачи и простая открытая передача (с периодическим подтягиванием или перешивкой ремня)	1,0	0,9	0,8
Перекрестная передача	0,9	0,8	0,7

54. Коэффициент C_1

Угол обхвата	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
Коэффициент C_1	0,91	0,94	0,97	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18

55. Коэффициент C_2

Скорость в *м/сек*	1	5	10	15	20	25	(30)
Коэффициент C_2	1,04	1,03	1,00	0,95	0,88	0,79	0,68

56. Коэффициент C_3 режима работы и динамичности нагрузки

Характер нагрузки	Типы машин	Коэффициент C_3
Спокойная нагрузка. Пусковая нагрузка до 120% нормальной	Электрические генераторы. Вентиляторы. Центробежные насосы и компрессоры. Ленточные транспортеры. Станки с непрерывным процессом резания: токарные, сверлильные, шлифовальные	1,0
Умеренные колебания нагрузки. Пусковая нагрузка до 150% нормальной	Поршневые насосы и компрессоры с тремя цилиндрами и более. Пластинчатые транспортеры. Станки-автоматы. Фрезерные станки	0,9
Значительные колебания нагрузки. Пусковая нагрузка до 200% нормальной	Реверсивные приводы. Станки строгальные и долбежные. Поршневые насосы и компрессоры с одним или двумя цилиндрами. Транспортеры винтовые и скребковые. Элеваторы. Винтовые и эксцентриковые прессы с относительно тяжелыми маховиками	0,8
Весьма неравномерная и ударная нагрузки. Пусковая нагрузка до 300% нормальной	Подъемники, экскаваторы, драги. Винтовые и эксцентриковые прессы с относительно легкими маховиками. Ножницы, молоты, бегуны, мельницы	0,7

Примечания: 1. При частых и резких пусках двигателя с большими пусковыми моментами коэффициент C_3 следует снижать на 0,1.

2. При расчете не по номинальным, а по пиковым нагрузкам коэффициент C_3 не вводится.

3. Коэффициентом C_3 можно учитывать также влияние режима работы на долговечность. Табличные данные относятся к работе в одну смену. При двухсменной работе коэффициент C_3 следует брать на 0,1, а при трехсменной — на 0,2 ниже табличного значения.

57. Размеры приводных клиновых ремней (по ГОСТ 1284—68)

Элементы профиля	Сечение ремня						
	О	А	Б	В	Г	Д	Е
a_p	8,5	11	14	19	27	32	42
h	6	8	10,5	13,5	19	23,5	30
a	10	13	17	22	32	38	50
y_0	2,1	2,8	4,1	4,8	6,9	8,3	11,0
Пределы расчетных длин	400—2500	560—4000	800—6300	1800—1000	3150—1600	4500—1800	6300—1800

58. Выбор сечения ремня

Передаваемая мощность в *квт*	Рекомендуемые сечения ремня при скорости в *м/сек*		
	До 5	Св. 5 до 10	Св. 10
≤0,75	*О, А*	*О*	*О*
0,8—2	*О, А, Б*	*О, А*	*О, А*
2,1—4	*А, Б*	*О, А, Б*	*О, А*
4,1—7,5	*Б, В*	*А, В*	*А, Б*
7,6—15	*В*	*Б, В*	*Б, В*
15,5—30	—	*В, Г*	*В, Г*
31—60	—	*Г, Д*	*В, Г*
61—110	—	*Д*	*Г, Д*
111—190	—	*Д, Е*	*Г, Д*
>190	—	—	*Д, Е*

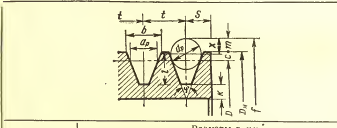
59. Минимальный диаметр меньшего шкива в *мм*

Сечения ремней	*О*	*А*	*Б*	*В*	*Г*	*Д*	*Е*
Наименьший расчетный диаметр	63	90	125	200	315	500	800

60. Ряд расчетных диаметров клиноременных шкивов в *мм* (по ГОСТу 1284—68)

63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1120; 1250; 1400; 1600; 1800; 2000; 2240; 2500; 2800; 3150; 3550; 4000

61. Размеры профиля канавок клиноременных литых и точеных шкивов



Сечение ремня	Размеры в *мм*							
	для нормальных канавок				для глубоких канавок			
	c	*e*	*t*	*s*	*c*	*e*	*t*	*s*
О	2,5	10	12	8	5	13	15	9
А	3,5	12,5	16	10	7	17	19	11
Б	5	16	20	12,5	9	20	24	14
В	6	21	26	17	12	28	32	20
Г	8,5	28,5	37,5	24	17,5	38	44	27
Д	10	34	44,5	29	20	45	52	32
Е	12,5	43	58	38	25	56	65	42

Продолжение табл. 61

Сечение ремня	Угол канавки φ в *град* *[1]			
	34	36	38	40
	при расчетном диаметре *D* в *мм*			
О	63—70	80—100	112—160	180
А	90—112	125—160	180—400	450
Б	125—160	180—224	250—500	560
В	200	224—315	355—630	710
Г	—	315—450	500—900	1000
Д	—	560	630—1120	1250
Е	—	—	800—1400	1600

*[1] По ГОСТу 1284—68.

62. Размеры профиля канавок клиноременных сварных шкивов в *мм*

Сечение ремня	*c*	*e*	*t*	*s*	*g*	*δ*	*r*
А	4,5	14	19	8	4	1,4	1,5
Б	6	18	24	10	4,5	1,4	1,5
В	7,5	22	30	12	5	1,5	2,0
Г	10	30	41	16	5,5	1,8	2,5
Д	12	38	48	20	6	2,0	3,0

63. Основные формулы для расчета клиноременных передач

Определяемый элемент	Обозначение	Формулы для расчета
Диаметр меньшего шкива в *мм* или *м*	$D_м$	$D_м$ берется в соответствии с табл. 58 и величиной передаваемой мощности (округляется до стандартного)
Диаметр большего шкива в *мм* или *м*	$D_б$	$D_б = iD_м(1 - \xi_c)$, где ξ_c — относительное скольжение; $\xi_c = 0{,}5 \div 0{,}8\%$ для кордшнуровых ремней; $\xi_c = 2\%$ для кордтканевых ремней (округляется до стандартного)
Передаточное отношение	i	$i = \frac{n_1}{n_2}$

Продолжение табл. 63

Определяемый элемент	Обозначение	Формулы для расчета
Межцентровое расстояние в *мм*	l	Предельные значения: $l_{min} = 0{,}55\,(D_б + D_м) + h$; ($h$ см. табл. 57) $l_{max} = 2\,(D_б + D_м)$
Угол обхвата	α	$\alpha = 180° - \frac{D_б - D_м}{l}\,60°$ (должен быть $\geqslant 150°$)
Длина ремня	L	$L = 2l + \pi m + \frac{\Delta^2}{l}$, где $m = \frac{D_б + D_м}{2}$; $\Delta = \frac{D_б - D_м}{2}$
Число ремней *	z	$z = \frac{N}{N_0 C}$ (округляется до целого)

* $C = C_p \times C_\alpha$, где C_p — коэффициент режима работы (см. табл. 56) для $C_з$; C_α — коэффициент угла обхвата:

α	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
C_α	0,56	0,62	0,68	0,74	0,79	0,83	0,86	0,89	0,92	0,95	0,98	1,0

N — передаваемая мощность; N_0 — допускаемая мощность (по табл. 64 или по ГОСТу 10286—62).

64. Мощность N_0, передаваемая одним клиновым ремнем при натяжении, соответствующем $\sigma_0 = 12$ *кГ/см²*, угле обхвата $\alpha = 180°$ и спокойной односменной работе

Сечение ремня	Расчетный диаметр $D_м$ меньшего шкива в *мм*	Мощность N_0 *квт* при скорости ремня v в *м/сек*						
		2	5	10	15	20	25	30
О	63	0,13	0,32	0,62	0,88	1,07	1,15	—
	71	0,14	0,36	0,68	0,96	1,18	1,24	—
	80	0,15	0,38	0,74	1,04	1,26	1,34	—
	90 и более	0,16	0,40	0,78	1,10	1,33	1,41	—
А	90	0,23	0,56	1,07	1,51	1,82	1,98	—
	100	0,25	0,62	1,20	1,69	2,04	2,22	—
	112	0,27	0,67	1,30	1,80	2,17	2,36	—
	125 и более	0,28	0,71	1,37	1,93	2,34	2,50	—

Продолжение табл. 64

Сечение ремня	Расчетный диаметр $D_м$ меньшего шкива в *мм*	Мощность N_0 *квт* при скорости ремня *v* в *м/сек*						
		2	5	10	15	20	25	30
Б	125 140 160 180 и более	0,38 0,43 0,47 0,51	0,95 1,06 1,19 1,28	1,84 2.06 2,28 2,46	2,57 2,88 3,22 3,46	3,10 3,47 3,84 4,20	3,37 3,77 4,18 4,35	3,28 3,68 4,06 4,24
В	200 224 250 280 и более	0,71 0,80 0,87 0,90	1,77 2,00 2,16 2,25	3,40 3,81 4,15 4,33	4,80 5,36 5,85 6,09	5,78 6,48 7,05 7,37	6,28 7,03 7,50 7,99	6,11 6,84 7,37 7,75
Г	315 355 400 450 и более	— — — —	3,7 4,2 4,4 4,7	7,0 8,1 8,5 9,0	9,9 11,3 12,0 12,6	12,0 13,6 14,5 15,3	13,0 14,7 15,7 16,5	12,6 14,4 15,2 16,0
Д	500 560 630 и более	— — —	5,6 6,1 6,8	10,8 12,0 13,0	15,3 16,5 18,4	18,6 20,0 22,1	20,0 21,7 24,1	19,5 21,1 23,5
Е	800 900 1000 и более	— — —	9,5 10,8 11,5	18,3 20,7 22,0	26,0 29,3 31,0	31,2 35,0 37,4	33,8 38,1 40,7	33,0 37,3 39,6

65. Коэффициенты полезного действия некоторых видов передач

Виды передач	Коэффициент полезного действия η		
Зубчатые: цилиндрическая коническая	0,96—0,98 0,94—0,97		
Плоскоременная	Кожаный ремень	Шерстяной ремень	η
	D_{min}/δ		
	70 40 15	50 30 20	0,95—0,96 0,88—0,89 0,83—0,84
Клиноременная	Кордшнуровой ремень	Кордтканевый ремень	D/δ
	η		
	0,92—0,93 0,95—0,97	0,88—0,91 0,90—0,93	12 19
Цепная	0,96—0,98		
Винтовые пары качения	> 0,90		

ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

По роду воспринимаемой нагрузки различают подшипники радиальные, радиально-упорные и упорные; по виду элементов качения — шариковые и роликовые, причем последние могут иметь цилиндрические (короткие, длинные, игольчатые), конические, бочкообразные и витые ролики; по эксплуатационному признаку — несамоустанавливающиеся и самоустанавливающиеся — сферические.

Основные типы стандартных подшипников качения приведены в табл. 66.

Условное обозначение подшипника состоит из основного цифрового и дополнительного (буквенного и цифрового), ГОСТ 3189—46.

По 1-й и 2-й цифрам, считая справа налево, можно определить внутренний диаметр подшипника, 3-я и 7-я определяют размерную серию, 4-я — тип (0 — радиальный шариковый; 1 — радиальный шариковый сферический; 2 — радиальный с короткими цилиндрическими роликами; 3 — радиальный роликовый сферический; 4 — радиальный роликовый с длинными цилиндрическими роликами или игольчатый; 5 — радиальный роликовый с витыми роликами; 6 — радиально-упорный шариковый; 7 — роликовый конический; 8 — упорный шариковый; 9 — упорный роликовый).

Цифры 5-я и 6-я указывают конструктивные особенности подшипника. Знаки дополнительных обозначений, расположенные слева от основного, характеризуют класс точности подшипника: Н — нормальный (как правило, опускается, указывается лишь в специальных случаях) П — повышенный; А — особо высокий; С — сверхвысокий; ВП, АВ, СА — промежуточные.

Пример. Подшипник А 46207: имеет внутренний диаметр 35 *мм* (0,7×5), серия легкая (цифра 2), радиально-упорный шариковый (цифра 6), угол контакта $\beta = 26°$ (цифра 4), класс точности особо высокий (А).

Знаки, расположенные справа, обозначают специальный материал деталей подшипника, требования по шуму, смазке (закрытые подшипники), термообработке или конструктивные отличия; например, 46207Е — подшипник с сепаратором из текстолита.

66. Основные типы стандартных подшипников качения

Шарикоподшипники *Радиальные, однорядные*					
00000 (ГОСТ 8338—57*)	50 000 с канавкой на наружном кольце) (ГОСТ 2893—54)	60 000 с одной защитной шайбой (ГОСТ 7242—54)	80 000 с двумя защитными шайбами (ГОСТ 7242—54)	160 000 с односторонним уплотнением (ГОСТ 8882—58)	180 000 с двусторонним уплотнением (ГОСТ 8882—58)
Радиальные, двухрядные сферические (самоустанавливающиеся)			*Радиально-упорные* однорядные		
1000 (ГОСТ 5720—51)	11 000 на закрепительной втулке (ГОСТ 5720—51; ГОСТ 8545—57)	6000 $\beta = 12°$ разъемные	36 000; $\beta = 12°$; 46 000; $\beta = 26°$; 66 000; $\beta = 36°$ неразъемные (ГОСТ 831—62)	136 000 $\beta = 12°$ (ГОСТ 831—62)	146 000 $\beta = 26°$ с двумя наружными кольцами (ГОСТ 8995—59)

Продолжение табл. 66

Радиально-упорные				Упорные	
однорядные	*сдвоенные*			*одинарные*	*двойные*
176 000 с двумя внутренними кольцами (ГОСТ 8995—59)	236 000; $\beta = 12°$ 246 000; $\beta = 26°$ 266 000; $\beta = 36°$	336 000; $\beta = 12°$ 346 000; $\beta = 26°$ 366 000; $\beta = 36°$ (ГОСТ 832—66)	436 000; $\beta = 12°$ 446 000; $\beta = 26°$ 466 000; $\beta = 36°$	8000 (ГОСТ 6874—54*)	38 000 (ГОСТ 7872—56)

Роликоподшипники

Радиальные однорядные с короткими цилиндрическими роликами

2000	12 000	32 000	42 000

(ГОСТ 8328—57)

Продолжение табл. 66

Радиальные однорядные с короткими цилиндрическими роликами			
92 000	52 000	62 000	102 000
(ГОСТ 8328—57)			
Радиальные однорядные			
4000 с длинными цилиндрическими роликами	5000 с витыми роликами (ОСТ 26.005)	940 с игольчатыми роликами (ГОСТ 4060—60)	74 000 с игольчатыми роликами (ГОСТ 4657—62)

Продолжение табл. 66

Радиальные двухрядные					
3 282 000	3 182 000	3000	113 000	13 000	53 000
с короткими цилиндрическими роликами (ГОСТ 7634—56)		со сферическими роликами (самоустанавливающиеся) (ГОСТ 5721—57)		(ГОСТ 8545—57)	—
Радиально-упорные с коническими роликами					Упорные с цилиндрическими роликами
однорядные			двухрядные	четырехрядные	
7000 (ГОСТ 333—59)	67 000 (ГОСТ 3169—46)	27 000 (ГОСТ 7260—54)	97 000 (ГОСТ 6364—68)	77 000 (ГОСТ 8419—57)	9000 —

ГЛАВА 4

ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ

Основные определения. Полная взаимозаменяемость — любая из партии изготовленных деталей одинаково легко может быть установлена в предназначенное ей место в механизме без подгонки или подбора по размерам.

Неполная взаимозаменяемость — изготовленные детали перед сборкой предварительно сортируют на группы и соединяют вместе детали из одной группы.

Взаимозаменяемость обеспечивается системой допусков и посадок.

Охватывающая и охватываемая поверхности — это поверхности в соединении двух деталей, входящих одна в другую. У цилиндрических и конических соединений охватывающая поверхность носит общее название *отверстие*, а охватываемая — *вал*. Названия отверстие и вал условно применимы также и к другим охватывающим и охватываемым поверхностям (например, *паз* и *шпонка*).

Номинальный размер сопряжения — общий для деталей основной размер, служащий началом отсчета отклонений.

Отклонение размера — разность между результатом измерения и номинальным размером. Эта разность положительна, если размер больше номинального, и отрицательна, если размер меньше номинального.

Предельный размер — это два предельных значения размера, между которыми должен находиться действительный размер. Один из них называется наибольшим, другой — наименьшим предельным размером.

Действительный размер — это размер, получаемый непосредственным измерением с допустимой погрешностью.

Верхнее предельное отклонение — разность между наибольшим предельным и номинальным размерами.

Нижнее предельное отклонение — разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

Если предельный размер больше номинального, предельное отклонение считают *положительным*, и если меньше номинального, — *отрицательным*.

Допуск — разность между наибольшим и наименьшим допустимыми значениями размера. Зона между этими размерами называется *полем допуска*.

Посадка — характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадка характеризует бо́льшую или меньшую свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению. Различают три группы посадок: с зазором, с натягом, переходные. При посадке с зазором поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала (рис. 1, *а*).

Зазор — положительная разность между диаметрами отверстия и вала, обеспечивающая свободу их относительного движения.

Наибольший зазор — разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала.

Наименьший зазор — разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала.

Натяг — отрицательная разность между диаметром отверстия и диаметром вала, обеспечивающая после сборки неподвижность соединения.

Наибольший натяг — разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала.

Наименьший натяг — разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала.

При посадке с натягом поле допуска вала расположено над полем допуска отверстия (рис. 1, *б*).

В переходных посадках поля допусков перекрываются и возможно получение как зазоров, так и натягов (рис. 1, *в*).

Поля допусков отверстий с нижним отклонением, равным нулю (основных отверстий), обозначаются буквой A, поля допусков валов с верхним отклонением, равным нулю (основных валов), обозначаются буквой B.

Индексы у букв A и B обозначают классы точности. Во втором классе точности индекс отсутствует.

Различают посадки в системе вала и в системе отверстия.

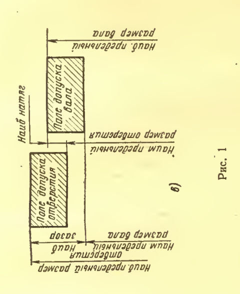
Система отверстия (рис. 2) характеризуется тем, что в ней для всех посадок одной и той же степени точности (одного класса) отнесенных к одному и тому же номинальному диаметру, предельные отклонения отверстий остаются постоянными.

Осуществление различных посадок достигается за счет соответствующего изменения предельных отклонений валов. В системе отверстия нижнее отклонение отверстий равно нулю. Такое отверстие называется *основным отверстием* (A).

Система вала (рис. 3) характеризуется тем, что в ней для всех посадок одной и той же степени точности (одного класса), отнесенных к одному и тому же номинальному диаметру, предельные отклонения валов остаются постоянными. Осуществление различных посадок достигается за счет соответствующего изменения предельных отклонений отверстий.

В системе вала верхнее отклонение вала равно нулю. Такой вал называется *основным валом* (B).

Обе системы являются несимметричными, предельными, причем допуск отверстия в системе отверстия всегда будет направлен в сторону увеличения отверстия (в тело), а допуск вала в системе вала — в сторону уменьшения вала (в тело).


Наиб. предельный размер вала
Наиб натяг
Поле допуска вала
Наим. предельный размер отверстия
Поле допуска отверстия
в)
Наим. предельный размер вала
Наиб зазор
Наиб. предельный размер отверстия

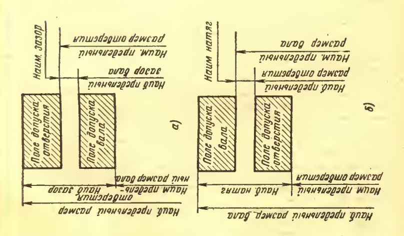

Наим. зазор
Наим. предельный размер отверстия
Наиб предельный размер вала
Поле допуска отверстия
Поле допуска вала
а)
Наим. предельный размер вала
Наиб. зазор
Наиб. предельный размер отверстия
Наим натяг
Наим. предельный размер вала
Наиб. предельный размер отверстия
Поле допуска вала
Поле допуска отверстия
б)
Наим. предельный размер отверстия
Наиб. натяг
Наиб. предельный размер вала

Рис. 1

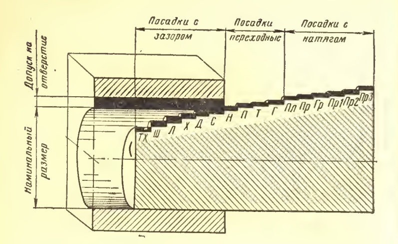

Посадки с
зазором
Посадки
переходные
Посадки с
натягом
Допуск на
отверстие
Номинальный
размер
ТХ Ш Л Х Д С Н П Т Г Пл Пр Гр Пр1 Пр2 Пр3

Рис. 2

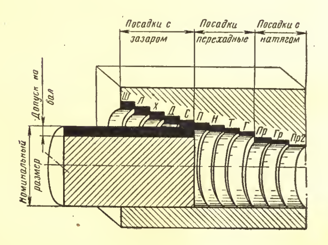

Посадки с
зазором
Посадки
переходные
Посадки с
натягом
Допуск на
вал
Номинальный
размер
Ш Л Х Д С П Н Т Г Пр Гр Пр2

Рис. 3

Допуски и посадки цилиндрических соединений. Условные обозначения и распределение посадок по классам точности приведены в табл. 1, а предельные отклоиеиия валов и отверстий всех посадок для размеров от 0,1 до 10000 *мм* — в табл. 2—25. Допустимые отклонения при 7, 8 и 9-м классах точности даны в табл. 26.

1. Условные обозначеиня и распределенне посадок по классам точности

Наименование посадок	Группа		Диаметры в *мм* (свыше — до) 0,1—1	1—500	500—10 000
			Классы точиости		
Прессовая 3	С натягом	*Пр3*	1; 2	3 (*A*)	2а (*A*)
Прессовая 2		*Пр2*	1; 2; 2а	1 (*A*); 2а; 3 (*A*)	2а (*A*); 3 (*A*)
Прессовая 1		*Пр1*	3	1 (*A*); 2а (*A*); 3 (*A*)	2 (*A*); 2а (*A*); 3 (*A*)
Горячая		*Гр*	—	2	—
Прессовая		*Пр*	—	2	2 (*A*); 2а (*A*)
Легкопрессовая		*Пл*	—	2 (*A*)	2 (*A*)
Глухая	Переходные	*Г*	—	1; 2; 2а	2; 2в (*A*);
Тугая		*Т*	—	1; 2; 2а	2
Напряженная		*Н*	1; 2; 2а; 3	1; 2; 2а	2; 2а (*A*)
Плотиая		*П*	2; 2а; 3	1; 2; 2а	2; 2а (*A*)
Скользящая	С зазором	*С*	1; 2; 2а; 3; 3а; 4; 5	1; 2; 2а; 3; 3а; 4; 5	2; 2а; 3; 3а; 4; 5
Двнжения		*Д*	2	1; 2	2, 2а
Ходовая		*Х*	1; 2; 2а; 3	1; 2; 2а (*A*); 3; 4; 5	2 (*B*); 2а (*A*); 3; 4; 5 (*A*)
Теплоходовая		*ТХ*	—	2 (*A*)	—
Легиоходовая		*Л*	1; 2; 2а; 3; 3а	2; 4	3; 4
Широиоходовая		*Ш*	—	2; 3; 4	3; 3а; 4
Широкоходовая 1-я		*Ш1*	2; 2а; 3; 3а; 4	—	—
Широиоходовая 2-я		*Ш2*	3а; 4	—	—

Примечаиия: 1. Посадии, помеченные буивой *A*, относятся только к системе отверстия, буивой *B* — тольио к системе вала, остальиые посадкн относятся и обеим системам посадок.

2. В графе «Группа» даио обозначение посадои по 2-му илассу точности. Для других иллассов точности рядом с обозначением посадии ставнтся класс точиости (пример: $Д_1$; $Пр1_{2а}$).

2. Предельные отклонения валов и отверстия системы отверстия для диаметров менее 1 *мм* (по ГОСТу 3047—66)[*1]

Класс точности	Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения отверстия[*1] *А* в *мк*		Посадки *Пр3*		*Пр2*		*Пр1*		*Н*		*П*		*С*		*Д*		*Х*		*Л*		*Ш1*		*Ш2*	
				Отклонения вала[*2] в *мк*																					
		Плюс											Минус												
		в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н
1	От 0,1 до 0,3 Св. 0,3 » 0,6 » 0,6 » 1,0	3 4 5	0	10 12 14	7 8 9	8 10 12	5 6 7	—	—	3 4 5	0	—	—	0	3 4 5	—	—	3 4 5	6 8 10	6 8 10	9 12 15	—	—	—	—
2	От 0,1 до 0,3 Св. 0,3 » 0,6 » 0,6 » 1,0	5 6 7	0	20 22 25	15 16 18	15 17 19	10 11 12	—	—	5 6 7	0	3 3 4	2 3 3	0	5 6 7	2 2 2	7 8 9	3 4 5	8 10 12	6 8 10	11 14 17	15 19 23	20 25 30	—	—
2а	От 0,1 до 0,3 Св. 0,3 » 0,6 » 0,6 » 1,0	8 10 12	0	—	—	29 33 37	21 23 25	—	—	8 10 12	0	4 5 6	4 5 6	0	8 10 12	—	—	3 4 5	11 14 17	6 8 10	14 18 22	15 19 23	23 29 35	—	—
3	От 0,1 до 0,3 Св. 0,3 » 0,6 » 0,6 » 1,0	13 15 18	0	—	—	—	—	31 35 41	18 20 23	13 15 18	0	7 8 9	6 7 9	0	13 15 18	—	—	3 4 5	16 19 23	6 8 10	19 23 28	15 19 23	28 34 41	—	—
3а	От 0,1 до 0,3 Св. 0,3 » 0,6 » 0,6 » 1,0	20 25 30	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	20 25 30	—	—	—	—	6 8 10	26 33 40	15 19 23	35 44 53	— 35 45	— 60 75
4	От 0,1 до 0,3 Св. 0,3 » 0,6 » 0,6 » 1,6	35 40 45	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	35 40 45	—	—	—	—	—	—	15 19 23	50 59 68	— 35 45	— 75 90
5	От 0,1 до 0,3 Св. 0,3 » 0,6 » 0,6 » 1,0	50 60 70	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	50 60 70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

[*1] Допуски для классов точности 02÷09 *см*, в ГОСТе 3047—66
[*2] в — верхнее; н — нижнее.

3. Предельные отклонения валов и отверстий системы вала для диаметров менее 1 *мм* (по ГОСТу 3047—66)*[1]

Класс точности	Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения *[2] вала *В* в *мк*		Посадки *Пр3*		*Пр2*		*Пр1*		*Н*		*П*		*С*		*Д*		*Х*		*Л*		*Ш1*		*Ш2*	
				Отклонения отверстия *[2] в *мк*																					
		в	(−) н	(−) в	(−) н	(−) в	(−) н	(−) в	(−) н	в	(−) н	(+) в	(−) н	(+) в	н	(+) в	(+) н	(+) в	(+) н	(+) в	(+) н	(+) в	(+) н	(+) в	(+) н
1	От 0,1 до 0,3 Св. 0,3 » 0,6 » 0,6 » 1,0	0	3 4 5	7 8 9	10 12 14	5 6 7	8 10 12	—	—	0	3 4 5	—	—	3 4 5	0	—	—	6 8 10	3 4 5	9 12 15	6 8 10	—	—	—	—
2	От 0,1 до 0,3 Св. 0,3 » 0,6 » 0,6 » 1,0	0	5 6 7	15 16 18	20 22 25	10 11 12	15 17 19	—	—	0	5 6 7	2 3 3	3 3 4	5 6 7	0	7 8 9	2 2 2	8 10 12	3 4 5	11 14 17	6 8 10	20 25 30	15 19 23	—	—
2а	От 0,1 до 0,3 Св. 0,3 » 0,6 » 0,6 » 1,0	0	8 10 12	—	—	21 23 25	29 33 37	—	—	0	8 10 12	4 5 6	4 5 6	8 10 12	0	—	—	11 14 17	3 4 5	14 18 22	6 8 10	23 29 35	15 19 23	—	—
3	От 0,1 до 0,3 Св. 0,3 » 0,6 » 0,6 » 1,0	0	13 15 18	—	—	—	—	18 20 23	31 35 41	0	13 15 18	6 7 9	7 8 9	13 15 18	0	—	—	16 19 23	3 4 5	19 23 28	6 8 10	28 34 41	15 19 23	—	—
3а	От 0,1 до 0,3 Св. 0,3 » 0,6 » 0,6 » 1,0	0	20 25 30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20 25 30	0	—	—	—	—	26 33 40	6 8 10	35 44 53	15 19 23	— 60 75	— 35 45
4	От 0,1 до 0,3 Св. 0,3 » 0,6 » 0,6 » 1,0	0	35 40 45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35 40 45	0	—	—	—	—	—	—	50 59 68	15 19 23	— 75 90	— 35 45
5	От 0,1 до 0,3 Св. 0,3 » 0,6 » 0,6 » 1,0	0	50 60 70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50 60 70	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

*[1] Допуски для классов точности 02÷09 *см* в ГОСТе.

*[2] в — верхнее; н — нижнее.

4. Предельные отклонения валов и отверстий посадок переходных и с зазором 1-го класса точности системы отверстия для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу НКМ 1011)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения отверстия [*1] A_1 в *мк*		Посадки													
			$Г_1$		$Т_1$		$Н_1$		$П_1$		$С_1 = В_1$		$Д_1$		$Х_1$	
			Отклонения валов [*1] в *мк*													
	Плюс								Минус							
	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н
От 1 до 3	6	0	10	6	8	4	5	1	2	2	0	4	3	8	6	12
Св. 3 » 6	8		13	8	10	5	6		3			5	4	9	10	18
» 6 » 10	9		16	9	12	6	8	2	4	3		6	5	11	13	22
» 10 » 18	11		20	11	15	7	10		5			8	6	14	16	27
» 18 » 30	13		24	13	17	8	12		6			9	7	16	20	33
» 30 » 50	15		28	16	20	9	14		7	4		11	9	20	25	41
» 50 » 80	18		33	19	24	10	16	3	8	5		13	10	23	30	49
» 80 » 120	21		38	23	28	12	19		9	6		15	12	27	36	58
» 120 » 180	24		45	26	32	14	22	4	10	7		18	14	32	43	68
» 180 » 260	27		52	30	36	16	25		11	8		20	16	36	50	79
» 260 » 360	30		58	35	40	18	28		13	9		22	18	40	56	88
» 360 » 500	35		65	40	45	20	32	5	15	10		25	20	45	68	108

[*1] в — верхнее; н — нижнее

5. Предельные отклонения валов и отверстий прессовых посадок 1-го класса точности системы отверстия для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу НКМ 1041)

Номинальный диаметр в *мм*	Отверстие A_1			Посадки валов					
				$Пр1_1$			$Пр2_1$		
	Допуск	Отклонения (+) в *мк*		Допуск	Отклонения (+) в *мк*		Допуск	Отклонения (+) в *мк*	
		верхн.	нижн.		верхн.	нижн.		верхн.	нижн.
От 1 до 3	6	6	0	5	17	12	5	20	15
Св. 3 » 6	8	8			20	15		24	19
» 6 » 10	9	9		6	25	19	6	29	23
» 10 » 18	11	11		8	31	23	8	36	28
» 18 » 30	13	13		9	37	28	9	44	35
» 30 » 60	15	15		11	45	34	11	54	43
» 50 » 65	18	18		13	54	41	13	66	53
» 65 » 80					56	43		72	69
» 80 » 100	21	21		15	66	51	15	86	71
» 100 » 120					69	54		94	79
» 120 » 140	24	24		18	81	63	18	110	92
» 140 » 160					83	65		118	100
» 160 » 180					86	68		126	108

6. Предельные отклонения валов и отверстий посадок переходных и с зазором 2-го класса точности системы отверстия для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу 1012)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения отверстия *1 *А* в *мк*		Посадки																			
			Г		*Т*		*Н*		*П*		*С = В*		*Д*		*Х*		*Л*		*Ш*		*ТХ*	
			Отклонения валов *1 в *мк*																			
	Плюс										Минус											
	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н
От 1 до 3	10	0	13	6	10	4	7	1	3	3	0	6	3	9	8	18	12	26	18	35	60	74
Св. 3 » 6	13		16	8	13	6	9		4	4		8	4	12	10	22	17	35	25	45	70	88
» 6 » 10	16		20	10	16	6	12	2	5	5		10	5	15	13	27	23	45	35	60	80	102
» 10 » 18	19		24	12	19	7	14		6	6		12	6	18	16	33	30	55	45	75	95	122
» 18 » 30	23		30	15	23	8	17		7	7		14	8	22	20	40	40	70	60	95	110	143
» 30 » 40	27		35	18	27	9	20	3	8	8		17	10	27	25	50	50	85	75	115	120	159
» 40 » 60																					130	169
» 50 » 65	30		40	20	30	10	23		10	10		20	12	32	30	60	65	105	95	145	140	186
» 65 » 80																					150	196
» 80 » 100	35		45	23	35	12	26		12	12		23	15	38	40	75	80	125	120	175	170	224
» 100 » 120																					180	234
» 120 » 140	40		52	25	40	13	30	4	14	14		27	18	45	50	90	100	155	150	210	200	263
» 140 » 160																					210	273
» 160 » 180																					230	299
» 180 » 220	45		60	30	45	15	35		16	16		30	22	52	60	105	120	180	180	250	260	332
» 220 » 260																					290	362
» 260 » 310	60		70	35	50	15	40		18	18		35	26	60	70	125	140	210	210	290	330	411
» 310 » 360																					360	441
» 360 » 440	60		80	40	60	20	45	5	20	20		40	30	70	80	140	170	245	250	340	410	507
» 440 » 500																					480	577

*1 в — верхнее; н — нижнее.

7. Предельные отклонения валов и отверстий посадок с натягом 2-го класса точности системы отверстия для диаметров от 1 до 500 *мм*

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения отверстия [*1] *А* в *мк*		Посадки					
			Гр по ОСТу 1042		*Пр* по ОСТу 1043		*Пл* по ОСТу 1044	
			Отклонения валов [*1] в *мк*					
	Плюс							
	в	н	в	н	в	н	в	н
От 1 до 3	10	0	27	17	18	12	16	10
Св. 3 » 6	13		33	20	23	15	21	13
» 6 » 10	16		39	23	28	18	26	16
» 10 » 18	19		48	29	34	22	32	20
» 18 » 30	23		62	39	42	28	39	25
» 30 » 40	27		77	50	52	35	47	30
» 40 » 50			87	60	65	45	55	35
» 50 » 65	30		105	75				
» 65 » 80			120	90				
» 80 » 100	35		140	105	85	60	70	45
» 100 » 120			160	125	95	70		
» 120 » 150	40		190	150	110	80	85	58
» 150 » 180			220	180	125	95		
» 180 » 220	45		260	215	145	115	105	75
» 220 » 260			300	255	165	135		
» 260 » 310	50		350	300	195	160	135	100
» 310 » 360			400	350	220	185		
» 360 » 440	60		475	415	260	220	170	130
» 440 » 500			545	485	300	260		

[*1] в — верхнее; н — нижнее.

П р и м е ч а н и е. Посадку *Гр* рекомендуется применять главным образом для стяжных колец. Для применения этой посадки, особенно при массовом производстве, рекомендуется предварительная опытная проверка.

8. Предельные отклонения валов и отверстий посадок 2а класса точности системы отверстия для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу НКМ 1016)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения отверстия *1 A_{2a} в *мк*		Посадки															
			$Пр2_{2a}$		$Пр1_{2a}$		$Г_{2a}$		$Т_{2a}$		$Н_{2a}$		$П_{2a}$		$С_{2a}$		$Х_{2a}$	
			Отклонения валов *1 в *мк*															
			Плюс												Минус			
	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н	в	н
От 1 до 3	14	0	32	18	24	15	15	6	—	—	10	1	7	2	0	9	6	20
Св. 3 » 6	18		41	23	31	19	20	8	16	4	13		9	3		12	10	28
» 6 » 10	22		50	28	38	23	25	10	21	6	16		10	5		15	13	35
» 10 » 14 » 14 » 18	27		60	33	46	28	30	12	25	7	19		12	6		18	16	43
» 18 » 24 » 24 » 30	33		74 81	41 48	56	35	36	15	29	8	23	2	13	8		21	20	53
» 30 » 40 » 40 » 50	39		99 109	60 70	68	43	42	17	34	9	27		15	10		25	25	64
» 50 » 65 » 65 » 80	46		133 148	87 102	83 89	53 59	50	20	41	11	32		18	12		30	30	76
» 80 » 100 » 100 » 120	54		178 198	124 144	106 114	71 79	58	23	48	13	38	3	20	15		35	36	90
» 120 » 140 » 140 » 160 » 160 » 180	63		233 253 273	170 190 210	132 140 148	92 100 108	67	27	55	15	43	3	22	18		40	43	106
» 180 » 220 » 220 » 260	73		308 356	236 284	168 186	122 140	78	31	64	17	51	4	24	23		47	50	122
» 260 » 310 » 310 » 360	84		431 471	350 390	222 242	170 190	90	36	74	20	58		27	27		54	56	137
» 360 » 440 » 440 » 500	95		557 637	460 540	283 315	220 252	102	40	85	23	67	5	31	31		62	68	165

*1 в — верхнее; н — нижнее.

9. Предельные отклонения валов и отверстий посадок с зазором 3-го класса точности системы отверстия для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу 1013)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения отверстия *1 A_3 в *мк*		Посадки					
			$C_3 = B_3$		X_3		$Ш_3$	
			Отклонения валов *1 в *мк*					
			Минус					
	в (+)	н	в	н	в	н	в	н
От 1 до 3	20	0	0	20	7	32	17	50
Св. 3 » 6	25			25	11	44	25	65
» 6 » 10	30			30	15	55	35	85
» 10 » 18	35			35	20	70	45	105
» 18 » 30	45			45	25	85	60	130
» 30 » 50	50			50	32	100	75	160
» 50 » 80	60			60	40	120	95	195
» 80 » 120	70			70	50	140	120	235
» 120 » 180	80			80	60	165	150	285
» 180 » 260	90			90	75	195	180	330
» 260 » 360	100			100	90	225	210	380
» 360 » 500	120			120	105	255	250	440

*1 в — верхнее; н — нижнее.

10. Предельные отклонения валов и отверстий посадок с натягом 3-го класса точности системы отверстия для диаметров св. 3 до 500 *мм* (по ОСТу 1069)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения *1 отверстия A_3 в *мк*		Посадки					
			$Пр1_3$		$Пр2_3$		$Пр3_3$	
			Отклонения валов *1 в *мк*					
			Плюс					
	в	н	в	н	в	н	в	н
Св. 3 до 6	25	0	55	30	—	—	—	—
» 6 » 10	30		65	35	70	40	100	70
» 10 » 18	35		75	40	80	45	115	80
» 18 » 30	45		95	50	100	55	145	100
» 30 » 40	50		110	60	115	65	165	115
» 40 » 50					125	75	175	125
» 50 » 65	60		135	75	150	90	210	150
» 65 » 80					165	105	225	165
» 80 » 100	70		160	90	195	125	260	190
» 100 » 120					210	140	280	210
» 120 » 150	80		185	105	245	165	325	245
» 150 » 180			200	120	275	195	355	275

Продолжение табл. 10

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения [*1] отверстия A_3 в *мк*		Посадки $Пр1_3$		Посадки $Пр2_3$		Посадки $Пр3_3$	
			Отклонения валов [*1] в *мк*					
	Плюс							
	в	н	в	н	в	н	в	н
» 180 » 220	90	0	230	140	325	235	410	320
» 220 » 260	90	0	250	160	365	275	450	360
» 260 » 310	100	0	285	185	420	320	515	415
» 310 » 360	100	0	305	205	470	370	565	465
» 360 » 440	120	0	360	240	550	430	670	550
» 440 » 500	120	0	395	275	620	500	740	620

[*1] в — верхнее; н — нижнее.

Примечания: 1. Для применения посадок по настоящему стандарту, особенно в массовом производстве, рекомендуется предварительная опытная проверка.

2. Для получения натягов, по возможности близких к средним теоретическим, рекомендуется подбор сопрягаемых деталей (большие отверстия соединять с большими валами, меньшие отверстия — с меньшими валами).

3. Настоящий стандарт распространяется и на соединения, осуществляемые нагреванием охватывающей детали.

11. Предельные отклонения валов и отверстий посадок скольжения 3а класса точности системы отверстия для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу НКМ 1017)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения отверстия [*1] $A_{3а}$ в *мк*		Посадки $C_{3а} = B_{3а}$. Отклонения [*1] вала в *мк*		Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения отверстия [*1] $A_{3а}$ в *мк*		Посадки $C_{3а} = B_{3а}$. Отклонения [*1] вала в *мк*	
	в (+)	н	в	н (—)		в (+)	н	в	н (—)
От 1 до 3	40	0	0	40	Св. 50 до 80	120	0	0	120
Св. 3 » 6	48	0	0	48	» 80 » 120	140	0	0	140
» 6 » 10	58	0	0	58	» 120 » 180	160	0	0	160
» 10 » 18	70	0	0	70	» 180 » 260	185	0	0	185
» 18 » 30	84	0	0	84	» 260 » 360	215	0	0	215
» 30 » 50	100	0	0	100	» 360 » 500	250	0	0	250

[*1] в — верхнее; н — нижнее.

12. Предельные отклонения валов и отверстий посадок с зазором 4-го класса точности системы отверстия для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу 1014)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения отверстия *1 A_4 в *мк*		Посадки							
			$C_4 = B_4$		X_4		$Л_4$		$Ш_4$	
			Отклонения валов *1 в *мк*							
			Минус							
	в (+)	н	в	н	в	н	в	н	в	н
От 1 до 3	60	0	0	60	30	90	60	120	120	180
Св. 3 » 6	80			80	40	120	80	160	160	240
» 6 » 10	100			100	50	150	100	200	200	300
» 10 » 18	120			120	60	180	120	240	240	360
» 18 » 30	140			140	70	210	140	280	280	420
» 30 » 50	170			170	80	250	170	340	340	500
» 50 » 80	200			200	100	300	200	400	400	600
» 80 » 120	230			230	120	350	230	460	460	700
» 120 » 180	260			260	130	400	260	530	530	800
» 180 » 260	300			300	150	450	300	600	600	900
» 260 » 360	340			340	170	500	340	680	680	1000
» 360 » 500	380			380	190	570	380	760	760	1100

*1 в — верхнее; н — нижнее.

13. Предельные отклонения валов и отверстий посадок 5-го класса точности системы отверстия для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу 1015)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения отверстия *1 A_5 в *мк*		Посадки			
			$C_5 = B_5$		X_5	
			Отклонения валов *1 в *мк*			
			Минус			
	в (+)	н	в	н	в	н
От 1 до 3	120	0	0	120	60	180
Св. 3 » 6	160			160	80	240
» 6 » 10	200			200	100	300
» 10 » 18	240			240	120	360
» 18 » 30	280			280	140	420
» 30 » 50	340			340	170	500
» 50 » 80	400			400	200	600
» 80 » 120	460			460	230	700
» 120 » 180	530			530	260	800
» 180 » 260	600			600	300	900
» 260 » 360	680			680	340	1000
» 360 » 500	760			760	380	1100

*1 в — верхнее; н — нижнее.

14. Предельные отклонения валов и отверстий посадок переходных и с зазором 1-го класса точности системы вала для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу НКМ 1021)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения вала *1 B_1 в *мк*		Посадки															
			$Г_1$		$Т_1$		$Н_1$		$П_1$		$С_1 = А_1$		$Д_1$		$Х_1$			
			Отклонения отверстий *1 в *мк*															
	в	н (−)	в (−)	н (−)	в (−)	н (−)	в (+)	н (−)	в (+)	н (−)	в (+)	н	в (+)	н (+)	в (+)	н (+)		
От 1 до 3	0	4	4	10	2	8	1	5	4	2	6	0	10	3	16	6		
Св. 3 » 6		5	5	13		10		7	5	3	8		12	4	22	10		
» 6 » 10		6	6	16	3	12		8	6	4	9		14	5	28	13		
» 10 » 18		8	8	20	4	15		10	7	5	11		17	6	34	16		
» 18 » 30		9	10	24		17	2	12	8	6	13		20	7	41	20		
» 30 » 50		11	12	28	5	20		14	9	7	15		25	9	50	25		
» 50 » 80		13	14	33		24		16	10	8	18		29	10	60	30		
» 80 » 120		15	17	38	6	28	3	19	12	9	21		34	12	71	36		
» 120 » 180		18	20	45	7	32		22	14	10	24		39	14	83	43		
» 180 » 260		20	23	52	8	36		25	16	11	27		43	16	96	50		
» 260 » 360		22	27	58	9	40	4	28	18	13	30		48	18	108	56		
» 360 » 500		25	30	65	10	45	5	32	20	15	35		55	20	131	68		

*1 в — верхнее; н — нижнее.

15. Предельные отклонения валов и отверстий посадок переходных и с зазором 2-го класса точности системы вала для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу 1022)

Номинальный дивметр в *мм*	Отклонения вала *B* [*1] в *мк*		Посадки																	
			Г		*Т*		*Н*		*П*		*С = А*		*Д*		*Х*		*Л*		*Ш*	
			Отклонения отверстий [*1] в *мк*																	
	в	н (−)	в (−)	н (−)	в	н (−)	в (+)	н (−)	в (+)	н (−)	в (+)	н	в (+)	н (+)	в (+)	н (+)	в (+)	н (+)	в (+)	н (+)
От 1 до 3		6	2	13	0	10	3	7	7	3	10		13	3	22	8	30	12	38	18
Св. 3 » 6		8	3	16	0	13	4	9	9	4	13		17	4	27	10	40	17	50	25
» 6 » 10		10	4	20	0	16	4	12	11	5	16		21	5	33	13	50	23	65	35
» 10 » 18		12	5	24	0	19	5	14	13	6	19		25	6	40	16	60	30	80	45
» 18 » 30		14	6	30	0	23	6	17	16	7	23		30	8	50	20	80	40	105	60
» 30 » 50	0	17	7	35	0	27	7	20	18	8	27	0	35	10	60	25	95	50	125	75
» 50 » 80		20	8	40	0	30	8	23	20	10	30		42	12	70	30	115	65	155	95
» 80 » 120		23	10	45	0	35	9	26	23	12	35		50	15	90	40	140	80	190	120
» 120 » 180		27	12	52	0	40	10	30	27	14	40		60	18	105	50	170	100	230	150
» 180 » 260		30	15	60	0	45	11	35	30	16	45		70	22	120	60	200	120	270	180
» 260 » 360		35	18	70	0	50	12	40	35	18	50		80	26	140	70	230	140	310	210
» 360 » 500		40	20	80	0	60	15	45	40	20	60		90	30	160	80	270	170	365	250

[*1] в — верхнее; н — нижнее.

16. Предельные отклонения валов и отверстий посадок с натягом 2-го класса точности системы вала для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТам 1142 и 1143)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения вала *B* *1 в *мк* (минус) в	Отклонения вала *B* *1 в *мк* (минус) н	Посадки *Гр*: отклонения отверстий *1 в *мк* (минус) в	Посадки *Гр* н	Посадки *Пр*: отклонения отверстий *1 в *мк* (минус) в	Посадки *Пр* н
От 1 до 3	0	6	13	27	8	18
Св. 3 » 6		8	15	33	10	23
» 6 » 10		10	17	39	12	28
» 10 » 18		12	22	48	15	34
» 18 » 30		14	30	62	19	42
» 30 » 40		17	40	77	25	52
» 40 » 50			50	87		
» 50 » 65		20	65	105	35	65
» 65 » 80			80	120		

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения вала *B* *1 в *мк* (минус) в	Отклонения вала *B* *1 в *мк* (минус) н	Посадки *Гр*: отклонения отверстий *1 в *мк* (минус) в	Посадки *Гр* н	Посадки *Пр*: отклонения отверстий *1 в *мк* (минус) в	Посадки *Пр* н
Св. 80 до 100	0	23	93	140	50	85
» 100 » 120			113	160	60	95
» 120 » 150		27	137	190	70	110
» 150 » 180			167	220	85	125
» 180 » 220		30	200	260	100	145
» 220 » 260			240	300	120	165
» 260 » 310		35	285	350	145	195
» 310 » 360			335	400	170	220
» 360 » 440		40	395	475	200	260
» 440 » 500			465	545	240	300

*1 в — верхнее; н — нижнее.

Примечание. Применение посадки *Гр* рекомендуется главным образом для стальных стяжных колец. Для применения этой посадки, в особенности при массовом производстве, рекомендуется предварительная опытная проверка.

17. Предельные отклонения валов и отверстий посадок 2а класса точности системы вала для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу НКМ 1026)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения вала $B_{2а}$ [*1] в *мк*		Посадки: $Г_{2а}$		$Т_{2а}$		$Н_{2а}$		$П_{2а}$		$С_{2а}=А_{2а}$		$Пр2_{2а}$	
			Отклонения отверстий [*1] в *мк*											
	в	н (−)	в (−)	н (−)	в (+)	н (−)	в (+)	н (−)	в (+)	н (−)	в (+)	н	в (−)	н (−)
От 1 до 3	0	9	1	15	—	—	4	10	7	7	14	0	18	32
Св. 3 » 6		12	2	20	1	17	5	13	9	9	18		23	41
» 6 » 10		15	3	25		21	6	16	12	10	22		28	50
» 10 » 18		18		30	2	25	8	19	15	12	27		33	60
» 18 » 24		21		36	4	29	10	23	20	13	33		41	74
» 24 » 30													48	81
» 30 » 40		25		42	5	34	12	27	24	15	39		60	99
» 40 » 50													70	109
» 50 » 65		30	4	50		41	14	32	28	18	46		87	133
» 65 » 80													102	148
» 80 » 100		35		58	6	48	16	38	34	20	54		124	178
» 100 » 120													144	198
» 120 » 140		40		67	8	55	20	43	41	22	63		170	233
» 140 » 160													190	253
» 160 » 180													210	273
» 180 » 220		47	5	78	9	64	22	51	49	24	73		236	308
» 220 » 260													284	356
» 260 » 310		54	6	90	10	74	26	58	57	27	84		350	431
» 310 » 360													390	471
» 360 » 440		62	7	102		85	28	67	64	31	95		460	557
» 440 » 500													540	637

[*1] в — верхнее; н — нижнее.

18. Предельные отклонения валов и отверстий посадок 3-го класса точности системы вала для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу 1023)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения вала B_3 *1 в *мк*		Посадки: $C_3=A_3$ — Отклонения отверстий *1 в *мк*, Плюс		X_3		$Ш_3$	
	в	н (—)	в	н	в	н	в	н
От 1 до 3		20	20		32	7	50	17
Св. 3 » 6		25	25		44	11	65	25
» 6 » 10		30	30		55	15	85	35
» 10 » 18		35	35		70	20	105	45
» 18 » 30		45	45		85	25	130	60
» 30 » 50		50	50		100	32	160	75
» 50 » 80	0	60	60	0	120	40	195	95
» 80 » 120		70	70		140	50	235	120
» 120 » 180		80	80		165	60	285	150
» 180 » 260		90	90		195	75	330	180
» 260 » 360		100	100		225	90	380	210
» 360 » 500		120	120		255	105	440	250

*1 в — верхнее; н — нижнее.

19. Предельные отклонения валов и отверстий посадок скольжения 3а класса точности системы вала для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу НКМ 1027)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения *1 вала $B_{3а}$ в *мк*		Посадки $C_{3а} = A_{3а}$ — Отклонения отверстий *1 в *мк*	
	в	н (—)	в (+)	н
От 1 до 3		40	40	
Св. 3 » 6		48	48	
» 6 » 10		58	58	
» 10 » 18		70	70	
» 18 » 30		84	84	
» 30 » 50	0	100	100	0
» 50 » 80		120	120	
» 80 » 120		140	140	
» 120 » 180		160	160	
» 180 » 260		185	185	
» 260 » 360		215	216	
» 360 » 500		260	250	

*1 в — верхнее; н — нижнее.

20. Предельные отклонения валов и отверстий посадок 4-го класса точности системы вала для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу 1024)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения *1 B_4 в *мк*		Посадки: $C_4 = A_4$		X_4		$Л_4$		$Ш_4$	
			Отклонения отверстий *1 в *мк*, Плюс							
	в	н (—)	в	н	в	н	в	н	в	н
От 1 до 3	0	60	60	0	90	30	120	60	180	120
Св. 3 » 6	0	80	80	0	120	40	160	80	240	160
» 6 » 10	0	100	100	0	150	50	200	100	300	200
» 10 » 18	0	120	120	0	180	60	240	120	360	240
» 18 » 30	0	140	140	0	210	70	280	140	420	280
» 30 » 50	0	170	170	0	250	80	340	170	500	340
» 50 » 80	0	200	200	0	300	100	400	200	600	400
» 80 » 120	0	230	230	0	350	120	460	230	700	460
» 120 » 180	0	260	260	0	400	130	530	260	800	530
» 180 » 260	0	300	300	0	450	150	600	300	900	600
» 260 » 360	0	340	340	0	500	170	680	340	1000	680
» 360 » 500	0	380	380	0	570	190	760	380	1100	760

*1 в — верхнее; н — нижнее.

21. Предельные отклонения валов и отверстий посадок 5-го класса точности системы вала для диаметров от 1 до 500 *мм* (по ОСТу 1025)

Номинальный диаметр в *мм*	Отклонения *1 вала B_5 в *мк*		Посадки: $C_5 = A_5$		X_5	
			Отклонения отверстий *1 в *мк*			
	в	н (—)	в (+)	н	в (+)	н (+)
От 1 до 3	0	120	120	0	180	60
Св. 3 » 6	0	160	160	0	240	80
» 6 » 10	0	200	200	0	300	100
» 10 » 18	0	240	240	0	360	120
» 18 » 30	0	280	280	0	420	140
» 30 » 50	0	340	340	0	500	170
» 50 » 80	0	400	400	0	600	200
» 80 » 120	0	460	460	0	700	230
» 120 » 180	0	530	530	0	800	260
» 180 » 260	0	600	600	0	900	300
» 260 » 360	0	680	680	0	1000	340
» 360 » 500	0	760	760	0	1100	380

*1 в — верхнее; н — нижнее.

22. Предельные отклонения основных отверстий и валов для диаметров св. 500 до 10 000 *мм* в *мк* (по ГОСТу 2689—54)

Номинальный диаметр в *мм*	Обозначение	Отклонение	Класс точности									
			1-й	2-й	2а	3-й	3а	4-й	5-й	7-й	8-й	9-й
Св. 500 до 630	*A*	в+	45	70	110	140	280	450	900	1800	2 800	4 500
	B	н—	30	45	70							
» 630 » 800	*A*	в+	50	80	120	150	300	500	1000	2000	3 000	5 000
	B	н—	35	50	80							
» 800 » 1 000	*A*	в+	55	90	130	170	360	650	1100	2200	3 500	5 500
	B	н—	40	55	90							
» 1000 » 1 250	*A*	в+	60	100	150	200	400	600	1200	2400	4 000	6 000
	B	н—	45	60	100							
» 1250 » 1 600	*A*	в+	66	110	170	220	450	650	1300	2600	4 600	6 500
	B	н—	50	65	110							
» 1600 » 2 000	*A*	в+	75	120	190	250	500	750	1500	3000	5 000	7 000
	B	н—	55	75	120							
» 2000 » 2 500	*A*	в+	85	130	210	280	550	900	1800	3500	5 500	8 000
	B	н—	60	85	130							
» 2500 » 3 150	*A*	в+	100	150	230	300	600	1000	2000	4000	6 000	9 000
	B	н—	70	100	150							
» 3150 » 4 000	*A*	в+	110	170	260	360	700	1100	2200	4500	7 000	10 500
	B	н—	80	110	170							
» 4000 » 5 000	*A*	в+	120	190	300	400	800	1200	2500	5000	8 000	12 000
	B	н—	90	120	190							
» 5000 » 6 300	*A*	в+	140	220	350	450	900	1400	2800	5500	9 000	14 000
	B	н—	100	140	220							
» 6300 » 8 000	*A*	в+	160	260	400	500	1000	1600	3200	6500	10 000	16 000
	B	н—	110	160	260							
» 8000 » 10 000	*A*	в+	180	300	450	600	1200	1800	3500	7000	12 000	18 000
	B	н—	130	180	300							

Примечание. Нижние (н) отклонения отверстий и верхние (в) отклонения валов равны нулю.

23. Предельные отклонения валов переходных и свободных посадок для диаметров св. 500 до 10 000 *мм* в *мк* (по ГОСТу 2689—54)

Класс точности	Посадка	Отклонение	Номинальный диаметр												
			Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500	Св. 2500 до 3150	Св. 3150 до 4000	Св. 4000 до 5000	Св. 5000 до 6300	Св. 6300 до 8000	Св. 8000 до 10000
2-й	$Г$	в+	93	105	118	130	143	158	173	200	—	—	—	—	—
		н+	48	55	63	70	78	83	88	100					
	$Т$	в+	70	80	90	100	110	120	130	150					
		н+	25	30	35	40	45	45	45	50					
	$Н$	в+	45	50	65	60	65	75	85	100					
		н	0	0	0	0	0	0	0	0					
	$П$	в+	23	25	28	30	33	38	43	60					
		н—	22		27		32	37	42						
	$С$	в	0	0	0	0	0	0	0	0					
		н—	45	50	55	60	65	75	85	100					
	$Д$	в—	35	40	45	50	55	60	70	80					
		н—	80	90	100	110	120	135	155	180					
2а	$Г_{2а}$	в+	145	160	175	200	225	250	275	305	—	—	—	—	—
		н+	75	80	85	100	115	130	145	155					
	$Н_{2а}$	в+	70		90	100	110	120	130	150					
		н	0	0	0	0	0	0	0	0					
	$П_{2а}$	в+ / н—	35	40	45	50	55	60	65	75					
	$С_{2а}$	в	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
		н—	70	80	90	100	110	120	130	150	170				
	$Д_{2а}$	в—	35	40	45	60	55	60	70	80	90				
		н—	105	120	135	150	165	180	200	230	260				
	$Х_{2а}$	в—	100	110	120	130	150	170	190	210	240				
		н—	170	190	210	230	260	290	320	360	410				

Продолжение табл. 23

Класс точности	Посадка	Отклонение	Номинальный диаметр: Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500	Св. 2500 до 3150	Св. 3150 до 4000	Св. 4000 до 5000	Св. 5000 до 6300	Св. 6300 до 8000	Св. 8000 до 10 000
3-й	C_3	в	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		н—	140	150	170	200	220	250	280	300	350	400	450	500	600
	X_3	в—	120	130	150	170	190	210	230	260	300	350	400	450	500
		н—	260	280	320	370	410	460	510	560	650	750	850	950	1100
	$Л_3$	в—	190	210	240	270	300	340	380	420	480	540	600	700	800
		н—	330	360	410	470	520	590	660	720	830	940	1050	1200	1400
	$Ш_3$	в—	280	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1000	1200
		н—	420	450	520	600	670	750	830	900	1050	1200	1350	1500	1800
3а	$C_{3а}$	в	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$C_{3а}$ / $Ш_{3а}$	н— / в—	280	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1000	1200
	$Ш_{3а}$	н—	560	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800	2000	2400
4-й	C_4	в	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		н—	450	500	550	600	650	750	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800
	X_4	в—	230	250	280	300	330	380	450	500	550	600	700	800	900
		н—	680	750	830	900	980	1130	1350	1500	1650	1800	2100	2400	2700
	$Л_4$	в—	450	500	550	600	650	750	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800
	$Л_4$ / $Ш_4$	н— / в—	900	1000	1100	1200	1300	1500	1800	2000	2200	2400	2800	3200	3600
	$Ш_4$	н—	1350	1500	1650	1800	1950	2250	2700	3000	3300	3600	4200	4800	5400
5-й	C_5	в	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		н—	900	1000	1100	1200	1300	1500	1800	2000	2200	2500	2800	3200	3500
	X_5	в—	450	500	550	600	650	750	900	1000	1100	1250	1400	1600	1750
		н—	1350	1500	1650	1800	1950	2250	2700	3000	3300	3750	4200	4800	5250

Примечание. Отклонения основных отверстий см. в табл. 22.

24. Предельные отклонения валов прессовых посадок для диаметров св. 500 до 10 000 *мм* в *мк* (по ГОСТу 2689—54)

Номинальный диаметр	Отклонение (+)	Посадка								
		Пл	*Пр*	*Пр1*	$Пр_{2а}$	$Пр1_{2а}$	$Пр2_{2а}$	$Пр3_{2а}$	$Пр1_{3}$	$Пр2_{3}$
Св. 500 до 560	в	215	345	525	370	500	630	760	580	800
	н	170	300	480	300	430	560	690	440	660
» 560 » 630	в	215	375	575	400	550	700	850	620	880
	н	170	330	530	330	480	630	780	480	740
» 630 » 710	в	270	420	650	450	620	790	960	680	980
	н	220	370	600	370	540	710	880	530	830
» 710 » 800	в	270	470	730	500	690	880	1080	730	1070
	н	220	420	680	420	610	800	1000	580	920
» 800 » 900	в	340	525	805	560	770	990	1200	820	1210
	н	285	470	750	470	680	900	1110	650	1040
» 900 » 1000	в	340	585	905	620	850	1090	1330	890	1320
	н	285	530	850	530	760	1000	1240	720	1150
» 1000 » 1120	в	410	650	1030	690	950	1220	1480	1020	1500
	н	350	590	970	590	850	1120	1380	820	1300
» 1120 » 1250	в	410	710	1140	750	1050	1350	1640	1100	1650
	н	350	650	1080	650	950	1250	1540	900	1450
» 1250 » 1400	в	500	800	1265	845	1170	1510	1830	1220	1840
	н	435	735	1200	735	1060	1400	1720	1000	1620
» 1400 » 1600	в	500	885	1415	930	1310	1690	2050	1320	2020
	н	435	820	1350	820	1200	1580	1940	1100	1800
» 1600 » 1800	в	600	1000	1575	1045	1470	1900	2320	1500	2280
	н	525	925	1500	925	1350	1780	2200	1250	2030
» 1800 » 2000	в	600	1100	1775	1145	1620	2100	2570	1630	2500
	н	525	1025	1700	1025	1500	1980	2450	1380	2250
» 2000 » 2240	в	735	1225	1985	1270	1800	2330	2860	1830	2800
	н	650	1140	1900	1140	1670	2200	2730	1550	2520
» 2240 » 2500	в	735	1355	2205	1400	2000	2580	3170	1980	3060
	н	650	1270	2120	1270	1870	2450	3040	1700	2780
» 2500 » 2800	в	900	1500	2450	1550	2250	2900	3550	2200	3400
	н	800	1400	2350	1400	2100	2750	3400	1900	3100
» 2800 » 3150	в	900	1700	2750	1750	2500	3250	4000	2400	3750
	н	800	1600	2650	1600	2350	3100	3850	2100	3450

Примечание. Отклонения основных отверстий см. в табл. 22.

25. Предельные отклонения отверстий переходных и свободных посадок для диаметров св. 500 до 10 000 *мм* в *мк*
(по ГОСТу 2689—54)

Класс точности	Посадка	Отклонение	Номинальный диаметр												
			Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500	Св. 2500 до 3150	Св. 3150 до 4000	Св. 4000 до 5000	Св. 5000 до 6300	Св. 6300 до 8000	Св. 8000 до 10 000
2-й	*Г*	в— н—	23 93	25 105	28 118	30 130	33 143	—	—	—	—	—	—	—	—
	Т	в н—	0 70	0 80	0 90	0 100	0 110								
	Н	в+ н—	25 45	30 50	35 55	40 60	45 65								
	П	в+ н—	47 23	55 25	62 28	70 30	77 33								
	С	в+ н	70 0	80 0	90 0	100 0	110 0	120 0	130 0	150 0					
	Д	в+ н+	105 35	120 40	135 45	150 50	165 55	180 60	200 70	230 80					
	Х	в+ н+	170 100	190 110	210 120	230 130	260 150	290 170	320 190	360 210					
2а	$С_{2а}$	в+ н	110 0	120 0	130 0	150 0	170 0	190 0	210 0	230 0	260 0	—	—	—	—
	$Д_{2а}$	в+ н+	145 35	160 40	175 45	200 50	225 55	250 60	280 70	310 80	350 90				

Продолжение табл. 25

Класс точности	Посадка	Отклонение	Номинальный диаметр												
			Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500	Св. 2500 до 3150	Св. 3150 до 4000	Св. 4000 до 5000	Св. 5000 до 6300	Св. 6300 до 8000	Св. 8000 до 10 000
3-й	C_3	в+	140	150	170	200	220	250	280	300	350	400	450	500	600
		н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	X_3	в+	260	280	320	370	410	460	510	560	650	750	850	950	1100
		н+	120	130	150	170	190	210	230	260	300	350	400	450	500
	$Л_3$	в+	330	360	410	470	520	590	660	720	830	940	1050	1200	1400
		н+	190	210	240	270	300	340	380	420	480	540	600	700	800
	$Ш_3$	в+	420	450	520	600	670	750	830	900	1050	1200	1350	1500	1800
		н+	280	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1000	1200
3а	$C_{3а}$	в+	280	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1000	1200
		н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$Ш_{3а}$	в+	560	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800	2000	2400
		н+	280	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1000	1200
-й	C_4	в+	450	500	550	600	650	750	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800
		н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	X_4	в+	680	750	830	900	980	1130	1350	1500	1650	1800	2100	2400	2700
		н+	230	250	280	300	330	380	450	500	550	600	700	800	900
	$Л_4$	в+	900	1000	1100	1200	1300	1500	1800	2000	2200	2400	2800	3200	3600
		н+	450	500	550	600	650	750	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800
	$Ш_4$	в+	1350	1500	1650	1800	1950	2250	2700	3000	3300	3600	4200	4800	5400
		н+	900	1000	1100	1200	1300	1500	1800	2000	2200	2400	2800	3200	3600

Примечание. Отклонения основных валов см. в табл. 24

26. Допуски большие. Классы точности 7, 8 и 9-й (по ОСТу 1010)

Номинальный диаметр в *мм*	Класс точности 7-й	8-й	9-й	Номинальный диаметр в *мм*	Класс точности 7-й	8-й	9-й
	Допуск в *мк*				Допуск в *мк*		
От 1 до 3	250	400	600	Св. 50 до 80	740	1200	1900
Св. 3 » 6	300	480	750	» 80 » 120	870	1400	2200
» 6 » 10	360	580	900	» 120 » 180	1000	1600	2500
» 10 » 18	430	700	1100	» 180 » 260	1150	1900	2900
» 18 » 30	520	840	1300	» 260 » 360	1350	2200	3300
» 30 » 50	620	1000	1600	» 360 » 500	1550	2500	3800

П р и м е ч а н и е. Во всех случаях, когда по технологическим или конструктивным условиям не требуется иного расположения, поля допусков должны располагаться аналогично полям допусков основных валов и отверстий по ГОСТу 7713—55 в тело, т. е. от нулевой линии в плюс для отверстий (охватывающих внутренние размеры) и от нулевой линии в минус для валов (охватывающих наружные размеры). В этих случаях допуски валов обозначаются B_7, B_8 и B_9, а допуски отверстий A_7, A_8 и A_9.

Допуски на угловые размеры. Отклонения угла уклона могут быть ограничены полем допуска диаметров, в этом случае угол непосредственно не проверяют.

Однако допуск на угол уклона часто назначают и контролируют независимо. ГОСТ 8908—58 устанавливает десять степеней точности с симметричным расположением отклонений (табл. 27). Величины допусков установлены в зависимости от длины меньшей стороны, образующей угол, поскольку точность изготовления и измерения угловых размеров значительно зависит от длины стороны. Отклонения $\frac{a}{2}$ относятся к крайним значениям интервалов.

27. Предельные отклонения углов (по ГОСТу 8908—58)

Схема расположения полей допусков на угловые размеры: a и δ — допуски углв соответственно в линейных и угловых величинах.

Интервалы длия меньшей стороны угла в *мм*	Откло-нения	Степени точности									
		1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я	8-я	9-я	10-я
		Предельное отклонение углов ± (значения $a/2$ в *мк*)									
До 3	$\frac{\delta}{2}$	40″	1′	1′30″	2′30″	4′	6′	10′	25′	1°	2°30′
	$\frac{a}{2}$	0,6	0,9	1,4	2,3	3,6	5,4	9	22,5	54	135
Св. 3 до 5	$\frac{\delta}{2}$	30″	50″	1′15″	2′	3′	5′	8′	20′	50′	2°
	$\frac{a}{2}$	0,4 0,8	0,7 1,3	1,1 1,9	1,8 3	2,7 4,5	4,5 7,5	7,2 12	18 30	45 75	108 180

Продолжение табл. 27

Интервалы длин меньшей стороны угла в *мм*	Отклонения	Степени точности									
		1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я	8-я	9-я	10-я
		Предельное отклонение углов ± (значения *a*/2 в *мк*)									
Св. 5 до 8	$\frac{\delta}{2}$	25″	40″	1′	1′30″	2′30″	4′	6′	15′	40′	1°30′
	$\frac{a}{2}$	0,6 1	1 1,6	1,5 2,4	2,3 3,6	3,8 6	6 9,6	9 14,4	22,5 36	60 96	135 216
Св. 8 до 12	$\frac{\delta}{2}$	20″	30″	50″	1′15″	2′	3′	5′	12′	30′	1°15′
	$\frac{a}{2}$	0,8 1,2	1,2 1,8	2 3	3 4,5	4,8 7,2	7,2 10,8	12 18	28,8 43,2	72 108	180 270
Св. 12 до 20	$\frac{\delta}{2}$	15″	25″	40″	1′	1′30″	2′30″	4′	10′	25′	1°
	$\frac{a}{2}$	0,9 1,5	1,5 2,5	2,4 4	3,6 6	5,5 9	9 15	14,5 24	36 60	90 150	216 360
Св. 20 до 32	$\frac{\delta}{2}$	12″	20″	30″	50″	1′25″	2′	3′	8′	20′	50′
	$\frac{a}{2}$	1,2 1,9	2 3,2	3 4,8	5 8	7,5 12	12 19	18 29	48 77	120 192	300 480
Св. 32 до 50	$\frac{\delta}{2}$	10″	15″	25″	40″	1′	1′30″	2′30″	6′	15′	40′
	$\frac{a}{2}$	1,6 2,5	2,4 3,8	4 6	6,5 10	9,5 15	14,5 22,5	24 37,5	57,5 90	144 225	384 600

Продолжение табл. 27

Интервалы длин меньшей стороны угла в *мм*	Отклонения	Степени точности									
		1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я	8-я	9-я	10-я
		Предельное отклонение углов ± (значения $a/2$ в *мк*)									
Св. 50 до 80	$\frac{\delta}{2}$	8″	12″	20″	30″	50″	1′15″	2′	5′	12′	30′
	$\frac{a}{2}$	2 3,2	3 4,8	5 8	7,5 12	12,5 20	19 30	30 48	75 120	180 288	450 720
Св. 80 до 120	$\frac{\delta}{2}$	6″	10″	15″	25″	40″	1′	1′30″	4′	10′	25′
	$\frac{a}{2}$	2,4 3,6	4 6	6 9	10 15	16 24	24 36	36 54	96 144	240 350	600 900
Св. 120 до 200	$\frac{\delta}{2}$	5″	8″	12″	20″	30″	50″	1′15″	3′	8′	20′
	$\frac{a}{2}$	3 5	4,8 8	7 12	12 0	18 30	30 50	45 75	108 180	288 480	720 1200
Св. 200 до 320	$\frac{\delta}{2}$	4″	6″	10″	15″	25″	40″	1′	2′30″	6′	15″
	$\frac{a}{2}$	4 6,5	9,5	10 16	15 24	25 40	40 64	60 96	150 240	360 576	900 1440
Св. 320 до 500	$\frac{\delta}{2}$	3″	5″	8″	12″	20″	30″	50″	2′	5′	12′
	$\frac{a}{2}$	4,8 7,5	8 12,5	13 20	19 30	32 50	48 75	80 125	192 300	480 750	1152 1800

28. Допуски метрических резьб с крупными и мелкими шагами для диаметров 1—600 *мм* (по ГОСТ 9253—59)

Шаг S в *мм*	Номинальный диаметр резьбы *d* в *мм*		Отклонения болта *1 в *мк*				Допуски среднего диаметра болта и гайки в *мк* по классам точности				Отклонения гайки *1 в *мк*		
			наружного *d*			внутреннего d_1					внутреннего		наружного
				н (—)									
	Крупная	Мелкая	в	1, 2-й и 2а классы	3-й класс	в	1-й	2-й	2а	3-й	в (+)	н	н
0,2	—	1—1,8	0	50	50	0	—	45	56	75	65	0	0
0,25	1—1,2 —	— 2—2,2	0	65	65	0	— —	50 50	— 60	84 84	80	0	0

Продолжение табл. 28

Шаг S в *мм*	Номинальный диаметр резьбы d в *мм*		Отклонения болта *1 в *мк*				Допуски среднего диаметра болта и гайки в *мк* по классам точности				Отклонения гайки *1 в *мк*		
			наружного d			внутреннего d_1					внутреннего		наружного
				н (−)									
	Крупная	Мелкая	в	1, 2-й и 2а классы	3-й класс	в	1-й	2-й	2а	3-й	в (+)	н	н
0,3	1,4	—	0	80	80	0	—	55	—	92	90	0	0
0,35	1,6; 1,8 — —	— 2,5; 3 3,5	0	90	90	0	—	59 69 65	— 75 85	99 99 115	100	0	0
0,4	2	—	0	100	100	0	—	64	—	106	110	0	0
0,45	2,2; 2,5	—	0	110	110	0	—	67	—	112	120	0	0
0,5	3 — — — —	— 4—5,5 6—9 10—16 18—22	0	120	120	0	—	71 80 90 100 110	— 100 110 125 140	118 130 145 160 180	140	0	0
0,6	3,5	—	0	130	130	0	—	78	—	130	160	0	0
0,7	4	—	0	140	140	0	54	84	—	140	180	0	0

Продолжение табл. 28

Шаг S в *мм*	Номинальный диаметр резьбы d в *мм*		Отклонения болта *1 в *мк*				Допуски среднего диаметра болта и гайки в *мк* по классам точности				Отклонения гайки *1 в *мк*		
			наружного d			внутреннего d_1					внутреннего		наружного
				н (—)									
	Крупная	Мелкая	в	1, 2-й и 2а классы	3-й класс	н	1-й	2-й	2а	3-й	в (+)	н	н
0,75	4,5 — — — —	— 6—9 10—16 18—27 30—33	0	150	150	0	58 60 65 75 85	90 95 105 120 135	— 120 130 145 165	150 160 175 195 220	190	0	0
0,8	5	—	0	160	220	0	58	90	—	150	200	0	0
1,0	6; 7 — — — — —	— 8; 9 10—17 18—28 30—52 56—80	0	180	250	0	65 65 70 80 90 100	101 101 110 125 140 155	— 125 140 155 175 195	168 168 185 200 230 250	200	0	0
1,25	8; 9 —	— 10—14	0	200	300	0	72 72	112 112	— 140	187 187	210	0	0

Продолжение табл. 28

Шаг S в *мм*	Номинальный диаметр резьбы d в *мм*		Отклонения болта *1 в *мк*				Допуски среднего диаметра болта и гайки в *мк* по классам точности				Отклонения гайки *1 в *мк*		
			наружного d			внутреннего d_1					внутреннего		наружного
				н (—)									
	Крупная	Мелкая	в	1, 2-й и 2а классы	3-й класс	в	1-й	2-й	2а	3-й	в (+)	н	н
1.5	10; 11 — — — — — —	— 12—17 18—28 30—52 55—80 85—120 125—150	0	240	350	0	80 80 90 100 110 120 130	123 123 135 150 165 180 200	— 155 170 190 210 230 250	205 205 220 250 270 300 320	250	0	0
1,75	12	—	0	260	380	0	85	133	—	222	280	0	0
2	14; 16 — — — — — —	— 18—28 30—52 55—80 82—120 125—180 185—200	0	290	410	0	91 100 110 120 130 140 150	142 155 170 185 200 220 230	— 195 210 230 250 270 290	237 250 280 300 330 350 380	300	0	0
2,5	18—22	—	0	330	480	0	101	159	—	265	320	0	0

Продолжение табл. 28

Шаг S в *мм*	Номинальный диаметр резьбы d в *мм*		Отклонения болта *1 в *мк*				Допуски среднего диаметра болта и гайки в *мк* по классам точности				Отклонения гайки *1 в *мк*		
			наружного d			внутреннего d_1					внутреннего		наружного
				н (—)									
	Крупная	Мелкая	в	1, 2-й и 2а классы	3-й класс	в	1-й	2-й	2а	3-й	в (+)	н	н
3	24; 27 — — — — — —	— 30—52 55—80 85—120 125—180 185—260 265—300	0	370	520	0	110 120 130 140 150 160 175	174 190 200 220 240 250 270	— 230 250 270 290 320 340	290 310 330 360 390 420 450	380	0	0
3,5	30; 33	—	0	400	550	0	120	188	—	313	420	0	0
4	36; 39 — — — — — —	— 42—80 85—120 125—180 185—260 265—360 370—400	0	420	600	0	128 140 150 160 170 180 200	201 220 230 250 270 280 300	— 270 290 310 330 360 380	335 360 380 410 440 470 500	480	0	0

Продолжение табл. 28

Шаг S в *мм*	Номинальный диаметр резьбы d в *мм*		Отклонения болта *1 в *мк*				Допуски среднего диаметра болта и гайки в *мк* по классам точности				Отклонения гайки *1 в *мк*		
			наружного болта d			внутреннего d_1					внутреннего		наружного
				н (—)									
	Крупная	Мелкая	в	1, 2-й и 2а классы	3-й класс	в	1-й	2-й	2а	3-й	в (+)	н	н
4,5	42; 45	—	0	450	650	0	136	213	—	355	550	0	0
5	48; 52	—	0	500	700	0	144	225	—	375	600	0	0
5,5	56; 60	—	0	550	750	0	150	236	—	393	650	0	0
6	64; 68	—	0	600	800	0	157	246	—	410	700	0	0
	—	70—80					—	246	305	410			
	—	85—120						262	325	435			
	—	125—180						280	345	460			
	—	185—260						300	370	490			
	—	265—360						315	390	520			
	—	370—500						335	415	550			
	—	510—600						350	440	580			

*1 в — верхнее; н — нижнее.

Допуски резьбовых соединений. На схеме (табл. 28) показано расположение полей допусков метрических резьб со скользящей посадкой по среднему диаметру. Верхнее отклонение наружного диаметра резьбы гайки и нижнее отклонение внутреннего диаметра резьбы болта стандартом не нормируется и поэтому не контролируются.

Допуск на средний диаметр является комплексным допуском, так как он включает в себя диаметральные компенсации ошибок шага, и половины угла профиля.

Этот допуск, следовательно, состоит из трех слагаемых: собственно допуска на средний диаметр; элемента, обеспечивающего свинчиваемость при ошибке шага; элемента, обеспечивающего свинчиваемость при отклонении от номинального угла профиля.

При раздельной проверке шага, угла профиля и среднего диаметра фактическое отклонение по среднему диаметру должно быть не менее требующегося для компенсации ошибок шага и угла профиля.

Диаметральную компенсацию ошибок шага f_s подсчитывают по формуле

$$f_s = 1{,}732 \cdot \delta_s \ [мк],$$

где δ_s — ошибка шага в *мк*.

Диаметральную компенсацию ошибок половины угла профиля $f_{\alpha/2}$ подсчитывают по формуле

$$f_{\alpha/2} = 0{,}36 \cdot S\delta_{\alpha/2} \ [мк],$$

где $\delta_{\alpha/2}$ — ошибка угла профиля в *мин*.

Классы точности крепежных резьб определяются величиной допуска на средний диаметр. Установлено три класса точности.

Как правило, крепежную резьбу изготовляют по 3-му классу точности. 2-й класс точности рекомендуется применять при больших нагрузках. 1-й класс точности следует применять только для резьб, передающих расчетные перемещения.

ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Под отклонением формы понимается отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы геометрической поверхности или геометрического профиля.

Отклонения формы отсчитывают от прилегающей поверхности или прилегающего профиля (табл. 29). Виды отклонений формы поверхностей приведены в табл. 30.

Наряду с отклонением формы рельеф поверхности характеризуется ее волнистостью и шероховатостью. Под *шероховатостью* понимают неровности с относительно малыми шагами. Периодически повторяющиеся неровности с шагом большим, чем у микронеровностей, называются *волнистостью*.

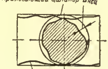
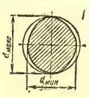
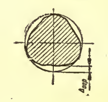
29. Определение прилегающих поверхностей и профилей

Эскиз	Определение
Касательные плоскости; Прилегающая плоскость; Реальная поверхность; $\Delta < \Delta_1$; $\Delta < \Delta_2$	Прилегающая плоскость. Плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью вне материала детали так, чтобы расстояние от ее наиболее удаленной точки до прилегающей плоскости было наименьшим
Ось отверстия; d; Реальная поверхность; Прилегающая поверхность	Прилегающий цилиндр. *Для отверстия* — цилиндр наибольшего возможного диаметра, вписанный в реальную поверхность. *Для вала* — цилиндр наименьшего возможного диаметра, описанный вокруг реальной поверхности
Прилегающая прямая	Прилегающая прямая. Прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная по отношению к нему так, чтобы расстояние от его наиболее удаленной точки до прилегающей прямой было наименьшим
Прилегающий профиль	Прилегающая окружность. *Для отверстия* — окружность наибольшего возможного диаметра, вписанная в реальный профиль. *Для вала* — окружность наименьшего возможного диаметра, описанная вокруг реального профиля

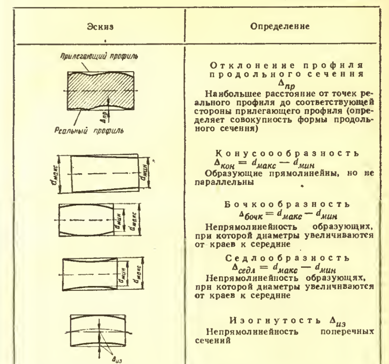
30. Виды отклонений формы поверхностей

Эскиз	Определение
Прилегающая плоскость; $\Delta_{неп}$	Неплоскостность $\Delta_{неп}$. Наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости
Прилегающая прямая; $\Delta_{непр}$	Непрямолинейность $\Delta_{непр}$. Наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей прямой

Продолжение табл. 30

Эскиз	Определение
Δ вогн	**Вогнутость $\Delta_{вогн}$** Вид неплоскостности (непрямолинейности), при котором удаление точек реального профиля увеличивается от краев к середине
Δ вып	**Выпуклость $\Delta_{вып}$** Вид неплоскостности (непрямолинейности), при котором удаление точек реального профиля от прилегающей плоскости уменьшается от краев к середине
	**Нецилиндричность $\Delta_{нец}$** Наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра (определяет совокупность отклонений всей формы поверхности)
	**Некруглость $\Delta_{некр}$** Наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности (определяет совокупность отклонений формы поперечного сечения)
	**Овальность $\Delta_{ов} = d_{макс} - d_{мин}$** Вид некруглости, при которой профиль представляет собой овалообразную фигуру, наименьший и наибольший диаметры которой расположены во взаимно перпендикулярных направлениях
	**Огранка $\Delta_{огр}$** Вид некруглости, при которой профиль представляет собой многогранную фигуру

Продолжение табл. 30



Эскиз	Определение
	Отклонение профиля продольного сечения $\Delta_{пр}$ Наибольшее расстояние от точек реального профиля до соответствующей стороны прилегающего профиля (определяет совокупность формы продольного сечения)
	Конусоообразность $\Delta_{кон} = d_{макс} - d_{мин}$ Образующие прямолинейны, но не параллельны
	Бочкообразность $\Delta_{бочк} = d_{макс} - d_{мин}$ Непрямолинейность образующих, при которой диаметры увеличиваются от краев к середине
	Седлообразность $\Delta_{седл} = d_{макс} - d_{мин}$ Непрямолинейность образующях, прн которой диаметры увелнчнваются от краев к середнне
	Изогнутость $\Delta_{из}$ Непрямолинейность поперечных сечений

31. Значения базовой длины

Классы чистоты по ГОСТу 2789—59	Базовая длина *мм*
1÷3	8
4÷5	2,5
6÷8	0,8
9÷12	0,25
13÷14	0,08

32. Зависимость величины погрешности, вызываемой заглублением наконечника от класса чистоты

Класс чистоты по ГОСТу 2789—59	Радиус наконечника в *мм*		
	1,6	5	10
	Максимальная величина заглубления наконечника в *мк*		
1	192	64	32
2	128		
3	72	55	
4	20	6	3
5	15		
6	2	0,6	0,3
7			
8	1,9		

ГОСТ 10356—63 исключает шероховатость поверхности при рассмотрении отклонений формы. Все остальные неровности поверхности, в том числе и волнистость, входят в понятие *отклонение формы.*

ГОСТ 2789—59 устанавливает границу между отклонениями формы и шероховатостью. Неровности с шагами, большими базовых длин, относятся к отклонению формы, а с меньшими — к шероховатости (табл. 31).

При измерениях формы и расположения поверхностей необходимо учитывать погрешность, вызываемую заглублением наконечника во впадинах, величина которых зависит от шероховатости поверхности (табл. 32).

Под *отклонением расположения* понимается отклонение от номинального расположения рассматриваемой поверхности, ее оси или плоскости симметрии относительно баз или отклонение от номинального взаимного расположения рассматриваемых поверхностей. Под базой понимается совокупность поверхностей, линий и точек, по отношению к которым определяется расположение рассматриваемой поверхности.

Кроме радиального и торцового биения, отклонения формы поверхности исключаются при рассмотрении отклонений расположения. При этом реальные поверхности заменяются прилегающими.

Виды отклонений расположения поверхностей приведены в табл. 33.

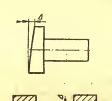
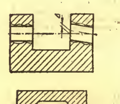
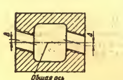
ГОСТом 10356—63 установлено 10 степеней точности на предельные отклонения формы и расположения поверхностей. При отсутствии указаний о предельных отклонениях формы, последние ограничиваются полем допуска на размер.

Допуск формы, проставляемый в чертеже, должен быть менее 100% от допуска на размер. Этим условием определяется наиболее грубая степень точности по ГОСТу 10356-63, которая может быть назначена при данном допуске на размер.

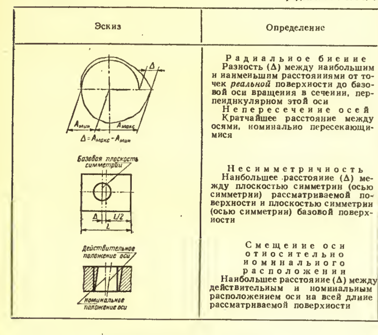
33. Виды отклонений расположения поверхностей

Эскиз	Определение
Прилегающие плоскости; Реальные поверхности	Непараллельность плоскостей. Разность наибольшего и наименьшего расстояний между прилегающими плоскостями на заданной площади или длине
Заданная длина; Ось II; Ось I; Непараллельность	Непараллельность прямых в плоскости. Разность наибольшего и наименьшего расстояний между прямыми на заданной длине

Продолжение табл. 33

Эскиз	Определение
Δx-непараллельность осей; Δy-перекос осей; Заданная длина; II ось; I ось; Общая теоретическая плоскость	**Непараллельность осей** Непараллельность проекций осей на их общую теоретическую плоскость, проходящую через одну ось и одну из точек другой оси **Перекос осей** Непараллельность проекций осей на плоскость, перпендикулярную к общей теоретической плоскости и проходящую через одну из осей
Δ=A-B; A; B; Заданная длина	**Непараллельность оси и плоскости** Разность (Δ) наибольшего (*A*) и наименьшего (*B*) расстояний между прилегающей плоскостью и осью поверхности вращения на заданной длине
Δ; l	**Неперпендикулярность плоскостей, осей или оси и плоскости** Отклонение угла между плоскостями, осями или осью и плоскостью от 90°, выраженное в линейных единицах на заданной длине (*l*). Отклонение определяется от прилегающих поверхностей
	**Торцовое биение** Разность (Δ) между наибольшим и наименьшим расстояниями от точек *реальной* торцовой поверхности, расположенных на окружности заданного диаметра, до плоскости, перпендикулярной к базовой оси вращения
	**Несоосность относительно базовой поверхности** Наибольшее расстояние (Δ) между осью рассматриваемой поверхности и осью базовой поверхности на всей длине рассматриваемой поверхности или расстояние между осями в заданном сечении
	**Несоосность относительно общей оси** Наибольшее расстояние (Δ) от оси рассматриваемой поверхности до общей оси двух или нескольких номинально соосных поверхностей в пределах длины рассматриваемой поверхности

Продолжение табл. 33



Эскиз	Определение
Δ; $A_{мин}$; $A_{макс}$; $\Delta = A_{макс} - A_{мин}$	**Радиальное биение** Разность (Δ) между наибольшим и наименьшим расстояниями от точек *реальной* поверхности до базовой оси вращения в сечении, перпендикулярном этой оси **Непересечение осей** Кратчайшее расстояние между осями, номинально пересекающимися
Базовая плоскость симметрии; Δ; $L/2$; L	**Несимметричность** Наибольшее расстояние (Δ) между плоскостью симметрии (осью симметрии) рассматриваемой поверхности и плоскостью симметрии (осью симметрии) базовой поверхности
Действительное положение оси; Номинальное положение оси	**Смещение оси относительно номинального расположения** Наибольшее расстояние (Δ) между действительным и номинальным расположением оси на всей длине рассматриваемой поверхности

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА *[1]

Измерительные средства, применяемые в машиностроении, принято делить на следующие основные группы: меры, калибры, универсальные инструменты и приборы.

Меры — тела, вещества и устройства конкретного (вещественного) воспроизведения единиц измерения, а также величин, кратных или дольных ей. Меры бывают с постоянными значениями (концевые меры длины, угловые плитки) и переменными значениями (масштабные линейки, лимбы и т. п.).

Калибры — инструменты, дающие возможность определить отклонение от заданных размеров, форм и взаимного расположения поверхностей без установления величин самих отклонений.

Универсальные инструменты и приборы позволяют определить значение измеряемой величины.

Кроме того, существуют специальные измерительные средства, предназначенные для повышения производительности контроля определенных типов деталей. К этим средствам относятся контрольные приспособления, автоматы, полуавтоматы и т. п.

*[1] Средства измерения углов и некоторые специальные измерительные средства рассмотрены в соответствующих разделах.

Концевые меры длины являются исходными измерительными средствами в машиностроении. С их помощью проверяют, градуируют и устанавливают на размер инструменты и измерительные приборы. Их применяют также при особо точных координатно-расточных и разметочных работах, при наладке станков и т. п.

Размеры, точность и технические условия концевых мер установлены ГОСТом 9038—59. Рабочие размеры концевых мер установлены в пределах от 0,1 до 2000 *мм* с градацией через 0,001; 0,01; 0,1; 0,5; 10,0; 25,0; 50; 100 и 1000 *мм*.

Меры комплектуются в наборы от 7 до 116 шт. (табл. 34).

В некоторые наборы входят «защитные меры» из твердого сплава, которые располагают на границах блока для предохранения основных мер.

По точности изготовления концевые меры делятся на четыре класса: 0, 1, 2 и 3.

Перед составлением блока делают предварительный расчет, подбирая в первую очередь концевые меры, имеющие тысячные доли, затем сотые и т. д. Например, блок для размеров 21,661 *мм* составляется из четырех мер так:

Размер	21,661
1-я мера	1,001
Остаток	20,660
2-я мера	1,160
Остаток	19,500
3-я мера	4,500
4-я мера	15,000

Для расширения области применения концевых мер и создания удобств в работе применяют специальные державки, струбцины с зажимными сухарями, блоки с центровыми боковинками и другие принадлежности. На рис. 4 показаны примеры применения концевых мер с принадлежностями (боковики, державки) с плитками для наружных (*а*) и внутренних (*б*) измерений и разметки (*в*).

34. Стандартные наборы концевых мер

№ набора	Количество		Размеры мер в *мм*		№ набора	Количество		Размеры мер в *мм*	
	мер	защитных мер	от	до		мер	защитных мер	от	до
1	87		0,5		8	10	2	125	500
2	42	4	1	100	9	12		100	1000
3	116		0,5		10	20		0,1	0,29
4			2,000	2,009	11	43		0,3	0,9
5	10	0	1,991	2,000	12	23	0	0,12	3,5
6			1,000	1,009	13	20		5	100
7			0,991	1,000	14	7		21,2	175

35. Штриховые инструменты

Эскиз	Описание	Предел измерения	Точность измерения	Назначение
		в *мм*		
Образцовый штрвховой метр				
	По реборде перемещаются два движка с лупами 7-кратного увеличения для повышения точности отсчета по шкалам. Деления нанесены с одной стороны через 1 *мм*, с другой через 0,2 *мм*. В реборде вмонтирован термометр	1000	0,1	Проверка шкальных инструментов
Стальные измерительные линейки				
	Изготовляют жесткими и упругими. Началом шкалы является торцовая грань. Штрихи нанесены через 1 *мм* с точностью от ±0,1 *мм* до ±0,2 *мм*, в зависимости от длины линейки	100 150 200 300 500 750 1000	0,25—0,5	Измерение линейных размеров. Упругие линейки можно свернуть в кольцо, благодаря чему ими можно измерять длину кривой, например длину дуги

Продолжение табл. 35

Эскиз	Описание	Предел измерения	Точность измерения	Назначение
		в мм		
	Ленточный метр			
	Представляет собой стальную желобчатую заведенную в футляр ленту, из которого она может выдвигаться на требуемую длину. Деления нанесены через 1 *мм* (реже — через 0,5 *мм*)	1000 или 2000	0,5	Измерение линейных и некоторых криволинейных (диаметр окружности, длина дуги и т. п.) размеров
	Рулетка			
	Состоит из стальной или матерчатой ленты, помещенной в футляр. Деления нанесены через 1 *мм* при лентах длиной до 2 *м* или 1 *см* на более длинных лентах	1000—50 000	1	Грубое измерение значительных длин
	Складной метр			
	Состоит из нескольких одинакового размера звеньев, соединенных шарнирно. Цена деления 1 *мм*, длина звена 100 *мм*	1000 2000	1	Грубое измерение линейных размеров

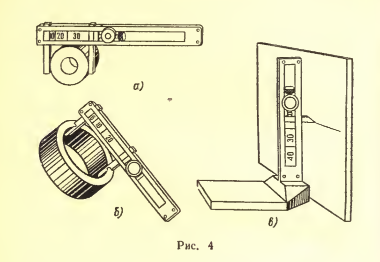


Рис. 4

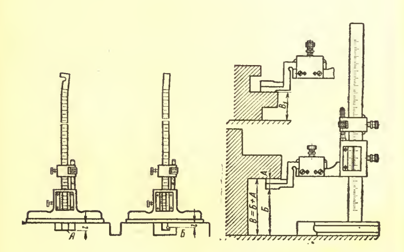


Рис. 5

Штриховые инструменты (меры с переменным значением) характеризуются наличием ряда прямых штрихов, нанесенных на плоскости через определенные расстояния один от другого, и могут воспроизводить любое кратное или дробное значение единицы измерения (табл. 35).

Калибры (табл. 36—38) — бесшкальные контрольные инструменты, воспроизводящие одно или два предельных значения проверяемого размера и служащие для контроля размеров деталей и взаимного расположения поверхностей.

По технологическому назначению калибры подразделяют на р а б о ч и е к а л и б р ы (для проверки деталей на рабочем месте), п р и е м н ы е к а л и б р ы (используют работники ОТК и заказчики) и к о н т р о л ь н ы е к а л и б р ы (применяют для контроля самих калибров).

Штангенинструменты (табл. 39): штангенциркули (ГОСТ 166—63) *, штангенглубиномеры (ГОСТ 162—64); штангенрейсмассы (ГОСТ 164—64).

Отсчетное устройство любого штангенинструмента состоит из основной шкалы, нанесенной через 1 *мм* на штанге инструмента *1*, и шкалы нониуса *5*.

Погрешности измерений штангенинструментами для различных размеров приведены в табл. 40.

Примеры измерений с использованием штангенинструментов приведены на рис. 5.

Микрометрические инструменты (табл. 41 и 42). Работа микрометрических инструментов основана на использовании принципа винтовой пары. В одних микрометрах винт *3* вращается по внутренней резьбе с помощью отсчетного барабана *6* (поз *1—5* и *7* в табл. 41), в других случаях микрометрический винт неподвижен, а отсчетный барабан (поз. *6* в табл. 41) вращается вместе с гайкой.

Поскольку на показаниях микрометра сказывается усилие зажима измеряемой детали, между пяткой *2* и винтом *3*, при измерениях вращать винт следует за трещотку *7*, которая автоматически ограничивает прикладываемый момент. Шаг микровинта равен 0,5 *мм*; поэтому за один оборот барабана *6* измерительный наконечник перемещается тоже на 0,5 *мм*. На барабане имеется 50 делений; следовательно, цена одного деления будет равна $\frac{0,5}{50} = 0,01$ *мм*.

36. Обозначение калибров

Обозначение	Определение
Р-ПР (или ПР)	Проходная сторона рабочих калибров или проходные рабочие калибры
Р-НЕ (или НЕ)	Непроходная сторона рабочих калибров или непроходные рабочие калибры
П-ПР	Проходная сторона приемного калибра или приемный проходной калибр
П-НЕ	Непроходная сторона приемного калибра или приемный непроходной калибр

Продолжение табл. 36

Обозначение	Определение
К-РП (или К-ПР)	Контрольный калибр для проходного рабочего (нового) калибра
К-НЕ	Контрольный калибр для непроходного рабочего и приемного калибров
К-И	Контрольный калибр для контроля износа проходной стороны рабочего калибра
К-П	Контрольный калибр для проверки приемного проходного калибра

37. Основные типы калибров

Эскиз и наименование	Предел измерения в *мм*
Калибры для отверстий	
Пробки двусторонние с цилиндрическими вставками (проволочками)	1—3
Пробки со вставками с конусным хвостовиком	1—50
Пробки с насадками	30—100
Пробки листовые: двухсторонние и односторонние	18—100 50—300
ПР НЕ	

Продолжение табл. 37

Эскиз и наименование	Предел измерения в *мм*
Штихмасы и нутромеры сферические: а) проходные б) непроходные	250—1000 75—1000
Калибры для валов	
Скобы листовые: а) двухсторонние б) односторонние	1—50 1—180
Скобы литые со вставными губками односторонние	100—325
Скобы регулируемые	0—330
Калибры для резьб	
Пробки резьбовые цельные	1—5,5

Продолжение табл. 37

Эскиз и наименование	Предел измерения в *мм*
Пробки резьбовые со вставками или насадками	1—100
Кольца: а) нерегулируемые б) регулируемые 	1—100
Резьбовые скобы	

38. Типы листовых калибров-шаблонов

Наименование	Область применения	Эскиз метода контроля
Листовые калибры для пазов валов и отверстий	Проверка ширины пазов	

Продолжение табл. 38

Наименование	Область применения	Эскиз метода контроля
Скобы предельные	Проверка длины	
Скобы предельные для высот	Проверка высоты колец	
Уступомеры предельные	Проверка наружных и внутренних уступов	
Глубиномеры предельные	Проверка глубины пазов и отверстий	
Высотомеры предельные	Проверка выступов цилиндрических и пазовых	
Листовые калибры с рисками	Проверка проточек, канавок и прорезов	

59. Основные типы штангенинструментов

Эскиз *1 и измерительный инструмент	Отсчет по нониусу мм	Пределы измерений мм
Штангенциркуль ШЦ-I с двусторонним расположением губок для наружных и внутренних измерений и с линейкой для измерения глубин	0,1	0—125
Штангенциркуль ШЦ-II с двусторонним расположением губок для наружных и внутренних измерений и для разметки	0,05 и 0,1	0—200 0—320
Штангенциркуль ШЦ-III с односторонними губками для наружных и внутренних измерений	0,05 и 0,1	0—500
	0,1	250—710 320—1000 500—1400 800—2000

Продолжение табл. 39

Эскиз [1] и измерительный инструмент	Отсчет по нониусу *мм*	Пределы измерений *мм*
Штангенглубиномер с нониусом для измерений глубины отверстий, пазов, расстояний между плоскостями, буртиков и т. п.	0,02 0,05 0,1	До 200 включительно
	0,05 0,1	250 и 300
	0,1	400 и 500
Штангенрейсмасс — для разметки и измерения высоты различных поверхностей от установочной плоскости и между собой	0,02 0,05 0,1	30—800 40—500
	0,1	60—800 60—1000

[1] Здесь приняты следующие обозначения: *1* — штанга; *2* — измерительные губки; *3* — рамка; *4* — зажим рамки; *5* — нониус; *6* — линейка глубиномера; *7* — микрометрическая подача; *8* — основание; *9* — измерительная ножка.

40. Погрешности измерений деталей штангенинструментами

Интервал размеров в *мм*	Величина погрешности в *мм*					
	Нониус 0,02		Нониус 0,05		Нониус 0,1	
	Наружные размеры	Внутренние размеры	Наружные размеры	Внутренние размеры	Наружные размеры	Внутренние размеры
	Штангенциркуль					
0—10	±0,04	—	±0,08	—	±0,15	—
10—50		±0,05		±0,1		±0,2
50—80	±0,045	±0,06	±0,09	±0,13	±0,16	±0,23
80—120					±0,17	±0,26
120—180		±0,065	±0,10		±0,19	±0,28
180—260	±0,05	±0,07		±0,15	±0,2	±0,3
260—360	±0,06	±0,08	±0,11		±0,21	
360—500	±0,07	±0,09			±0,23	
	Штангенглубиномер					
До 200 вкл.	±0,02		±0,05		±0,1	
» 250 и 300	—		—		±0,15	
» 400 » 500						
	Штангенрейсмасс					
0—300	±0,02		±0,05		±0,1	
300—600	±0,04					

41. Основные типы микрометров

№ по пор.	Эскиз *1 Измерительный прибор	Цена деления в *мм*	Пределы измерений в *мм*	
			шкалы	прибора
1	Микрометр гладкий МК применяется для точных наружных измерений 1 2 3 4 5 6 7	0,01	25 100	0—300 300—600

Продолжение табл. 41

№ по пор.	Эскиз *¹ Измерительный прибор	Цена деления в *мм*	Пределы измерений в *мм*	
			шкалы	прибора
2	**Микрометр листовой МЛ** предназначен для измерений листового материала. От обычного микрометра отличается большим вылетом скобы *1* и наличием специального циферблата *8* для отсчета сотых долей миллиметра. Вылет скобы у микрометров с верхним пределом измерений 5 *мм* составляет 20 *мм*, далее соответственно 10 *мм* — 40 *мм*, 25 *мм* — 80 *мм*	0,01	5 10 25	0—5 0—10 0—25
3	**Микрометр трубный МТ** предназначен для точных измерений толщины стенок труб, цилиндров и т. п. От обычного микрометра отличается сферой на пятке *2* и скосом на скобе *1* для возможности замера труб с малым внутренним диаметром	0,01	25	0—100
4	**Микрометр рычажный МР** применяется обычно для массовой проверки деталей. Отличается незначительным временем замера, что обеспечивается наличием дополнительного отсчетного устройства, связанного через систему рычагов с подвижной пяткой *2*	0,002	±0,02	0—25 25—50

Продолжение табл. 41

№ по пор.	Эскиз *1 Измерительный прибор	Цена деления в *мм*	Пределы измерений в *мм*	
			шкалы	прибора
5	**Микрометр с измерительной головкой МРИ** рассчитан на крупногабаритные детали. Отличается от микрометра МР тем, что измерительная головка вынесена отдельно	0,005 0,01	0,05 0,1÷0,5	50—500 300—2000
6	**Микрометрический нутромер** предназначен для измерения внутренних размеров. От обычного микрометра отличается наличием двух мерительных шаровых наконечников *11*, раздвигающихся до упора в поверхности, между которыми измеряется расстояние. Нутромеры снабжены набором удлинителей *13* для измерения больших размеров	0,01	13 и 25	50—10 000

Продолжение табл. 41

№ по пор.	Эскиз *[1] Измерительный прибор	Цена деления в мм	Пределы измерений в мм	
			шкалы	прибора
7	**Микрометрический глубиномер** предназначен для измерений глубины отверстий, уступов, выточек и т. п. Напоминает по устройству микрометр, у которого вместо скобы установлено основание *14*. При измерении трещоткой *7* перемещают измерительный стержень *3* до упора в поверхность, расстояние до которой измеряется	0,01	25	0—100

*[1] Здесь приняты следующие обозначения: *1* — скоба; *2* — пятка; *3* — микрометрический винт; *4* — стопор; *5* — стебель; *6* — барабан; *7* — трещотка; *8* — циферблат; *9* — стрелка; *10* — шкала отсчетного устройства; *11* — мерительный наконечник; *12* — указатели пределов поля допуска; *13* — удлинитель; *14* — основание.

Механические измерительные приборы (табл. 43) делятся на три группы: рычажные приборы, рычажно-зубчатые и зубчатые.

В рычажных приборах (поз. *1* в табл. 43) перемещение от измерительного стержня к стрелке осуществляется за счет рычагов. Поэтому таким механизмам свойственна непропорциональность перемещений между измерительным штифтом и стрелкой, а также незначительные пределы показаний.

Для уменьшения этих недостатков в некоторых приборах (поз. *2*—*7* в табл. 43) между концом рычага и стрелкой размещается зубчатая пара. Такие приборы называются рычажно-зубчатыми.

В зубчатых приборах (поз. *8* в табл. 43) перемещение от измерительного стержня к стрелке передается только за счет зубчатых пар, что обеспечивает пропорциональную шкалу прибора и большой диапазон измерений.

42. Погрешности измерения микрометрическими инструментами

Микрометр	Интервалы (И) в *мм* Погрешность (П) в *мк*								
Микрометр	И	1—10	10—50	50—80	80—120	120—180	180—260	260—360	360—500
	П	±7	±8	±9	±10	±12	±15	±20	±25
Рычажный микрометр	И	0—50	—	—	—	—	—	—	—
	П	±3	—	—	—	—	—	—	—
Микрометр с измерительной головкой (цена деления 0,005)	И	50—100	100—200	200—300	300—400	400—600	—	—	—
	П	±4	±5	±6	±7	±8	—	—	—
Микрометр с измерительной головкой (цена деления 0,01)	И	300—400	400—500	500—600	600—700	700—800	800—900	900—1000	1000—1200
	П	±8	±9	±10	±14	±16	±18	±20	±24
Микрометрический нутромер	И	75—125	125—200	200—325	325—500	500—800	800—1250	1250—1600	1600—2000
	П	±6	±8	±10	±12	±15	±20	±25	±30

*[1] И — интервалы в *мм*; П — погрешность в *мк*.

Пружинные измерительные приборы. В них используются упругие свойства плоской или скрученной пружины. Из многочисленных приборов этой группы здесь рассматривается только один, наиболее совершенный и распространенный, — микрокатор (поз. *9* в табл. 43), в котором использована пружина из бериллиевой бронзы, представляющая собой ленту шириной 1 *мм* и толщиной 5—11 *мк*, скрученная так, что левая и правая ее части представляют спирали, закрученные в разные стороны. При растягивании пружины средняя ее часть поворачивается на угол, пропорциональный растяжению.

43. Механические и пружинные измерительные приборы

№ по пор.	Эскиз	Цена деления в *мк*	Пределы показаний в *мм*	Предельная погрешность показаний всей шкалы в *мк*	Измерительное усилие в *Г*
1	а) б)	**Рычажные приборы** (миниметры) Измерительный стержень *1* передает отклонение размера детали на малое плечо *l* рычага *2*. Большое плечо рычага *L* выполнено в виде стрелки *3*. Длина стрелки $L = 100$ *мм*, а малого плеча $l = 0{,}1 \div 1$ *мм*, что увеличивает перемещение конца стрелки по отношению к стержню *1* в 100—1000 раз			
		Широкошкальные			
		10 5 2 1	0,3 0,15 0,06 0,03	±2,5 ±2 ±1 ±0,5	400 ±100
		Узкошкальные			
		10 5 2	0,1 0,05 0,02	±2,5 ±2 ±1	400 ±100
2		**Рычажно-зубчатые приборы**			
		Ортотесты. Измерительный стержень *1* передает отклонение размера детали *2* на рычаг *3*. На конце большого плеча рычага имеется зубчатый сектор *4*, с которым сцеплен триб *5* со стрелкой *6*. Отсчет производится по шкале *7*. Пружина *8* создает измерительное усилие. Пружина *9* и волосок *10* выбирают «мертвый ход» в зацеплении передачи			
		1 1	0,1 0,05	±1 ±0,5	250

Продолжение табл. 43

№ по пор.	Эскиз	Цена деления в *мк*	Пределы показаний в *мм*	Предельная погрешность показаний всей шкалы в *мк*	Измерительное усилие в *Г*
3		**Миллимессы.** Измерительный стержень *1* передает отклонение размеров деталей на рычаг *2*, большое плечо которого имеет сектор *3*, зацепленный с трибом *4*, от которого через сектор *5* движение передается стрелке *7*. Пружина *8* создает измерительное усилие, а волосок *9* выбирает «мертвый ход» звеньев передачи			
		Малый			
		1	0,05	±1	250
		Большой			
		1	0,05	±1	250
4		**Микромеры** выпускаются в основном для часовой промышленности и построены по схеме миллимесса. В микромере МКМ стержень *1* отклоняет рычаг *2*, который, действуя через рычаг *3* с сектором *4*, вращает триб *5* и стрелку *6*. Пружина *7* создает измерительное усилие, а волосок *8* — замыкающее			
		1 *1 10 *1	0,03 0,3	±1 ±2,5	100
		1 *2	0,05	±0,5	100
		2 *3	0,10	±1	100
5		**Рычажно-зубчатый миниметр.** Стержень *1* связан с рамой *2*, несущей механизм, состоящий из наполовину срезанного цилиндра *3*, на оси которого сидит шестерня *4*, сцепленная с трибом *5*. Стрелка *6*, сидящая на оси триба *5*, поворачивается при перемещении стержня *1* за счет поворота цилиндра *3* вокруг ножа *7* под действием волоска *8*. Измерительное усилие создает пружина *9*			
		1	0,05	±1	250

Продолжение табл. 43

№ по пор.	Эскиз	Цена деления в *мк*	Пределы показаний в *мм*	Предельная погрешность показаний всей шкалы в *мк*	Измерительное усилие в *Г*
6	**Рычажно-зубчатый индикатор ИР** не имеет стержня с линейным перемещением. Наконечник *1*, связанный со стержнем *2* качается вокруг оси *О*, поворачивая с помощью сектора *3* триб *4* и стрелку *5*. Пружина *6* создает измерительное усилие, а волосок *7* выбирает «мертвый ход» в зубчатой паре	10	0,5	±15	100 ±50
7	**Рычажные скобы (пассаметры)** состоят из скобы *1* подвижной пятки *2*, переставной пятки *3*; стопора *4*, колпачка *5*, кнопки арретира *6*, указателей допусков *7*, шкалы *8*, стрелки *9* и крышки *10*. Применение пассаметров позволяет значительно сократить номенклатуру предельных скоб				
	ср-25*4	2	0,16	±2	700 ±200
	ср-50	2	0,16	±2	700 ±200
	ср-75	2	0,16	±2	700 ±200
	ср-100	2	0,16	±2	700 ±200
	ср-125	5	0,3	±5	1100 ±200
	ср-150	5	0,3	±5	1100 ±200

Продолжение табл. 43

№ по пор.	Эскиз	Цена деления в *мк*	Пределы показаний в *мм*	Предельная погрешность показаний всей шкалы в *мк*	Измерительное усилие в *Г*
8		**Зубчатые приборы (индикаторы)** Стержень *1* с помощью рейки поворачивает триб *2*, колесо *3* и зацепленный с ним триб *4* со стрелкой *5*. Пружина *6* через рычаг *7* создает измерительное усилие. «Мертвый ход» устраняется с помощью колеса *8* и волоска *9*. Число полных оборотов стрелки *5* отсчитывается по шкале *10* с помощью стрелки *11*			
		10	10	±25	200 ±80
		10	5	±20	
		10	3	±15	
		10	2	±15	
		2	2	±10 [5]	
9		**Пружинные приборы (микрокаторы)** К средней части пружины *1* прикреплена стрелка *2*. Измерительный стержень *3*, подвешенный на плоских пружинах *4* и *5*, при своем перемещении деформирует плоскую пружину *6*, растягивая пружину *1*, что приводит к повороту стрелки *2*			
		1	0,03	±0,5	200 ±30
		2	0,06	±1	

[1] ММ; [2] МКМ-1; [3] МКМ-2; [4] здесь указаны марки рычажных скоб. [5] На одном обороте стрелки.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

КОНТРОЛЬ ВАЛОВ И ОТВЕРСТИЙ

Для измерения диаметров применяются инструменты и приборы, рассмотренные на стр. 372—390. В табл. 44 приведены методы измерений диаметров валов.

Величины погрешностей, возникающих при измерении больших размеров, даны в табл. 45. В табл. 46 указаны методы измерения диаметров отверстий.

КОНТРОЛЬ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Методы контроля отклонений формы и расположения поверхностей приведены в табл. 47 и 48, а в табл. 49 даны характеристики поверочных линеек. Разметочные и поверочные плиты выпускаются четырех классов точности и размерами 100×200; 200×200; 200×300; 300×300; 300×400; 400×400; 450×600; 500×800; 750×1000; 1000×1500 *мм*. Неплоскостность при 0-м, 1-м и 2-м классах точности не должна превышать соответственно 12, 25 и 60 *мк*.

В процессе контроля отклонений формы и расположения поверхностей с помощью обычного стрелочного прибора приходится запоминать два положения стрелки, а затем производить вычитание. Это утомляет контролера и снижает производительность его труда. Наиболее целесообразно в таких случаях использовать амплитудные электроконтактные датчики.

КОНТРОЛЬ УГЛОВ И КОНУСОВ

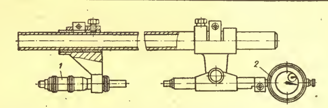
Методы и средства контроля углов и конусов с помощью угловых мер и калибров рассмотрены в табл. 51; контроль с помощью механических и оптикомеханических приборов — в табл. 52; косвенные методы измерения углов — в табл. 52. Размеры угловых мер по ГОСТу 2875—62 приведены в табл. 50; характеристики синусных линеек по ГОСТу 4046—61 в табл. 54, а погрешности при построении угла синусными линейками — в табл. 55.

44. Методы и средства измерения диаметров валов

Метод измерения и эскиз
Измерение индикаторными скобами Для прямых измерений диаметров валов применяют диаметральные скобы

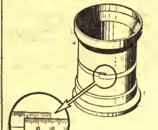
Продолжение табл. 44

Метод измерения и эскиз



Линейные скобы применяют только для измерений с торца. Скобы снабжены обычно с одной стороны микрометрической головкой *1*, а с другой — индикатором *2*. Отсчет отклонений производят по микрометрической головке. Индикатор служит для стабилизации усилия. Настройку приборов на нуль производят с помощью плоскопараллельных мер длины (плиток)

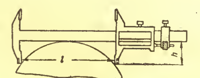
Метод опоясывания



Диаметр детали D определяют по результатам измерения длины окружности L с помощью рулетки или металлической ленты. Диаметр вычисляют по формуле

$$D = \frac{L}{\pi}.$$

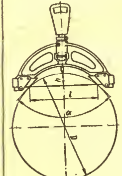
Измерение диаметра по хорде и высоте сегмента



Измерение производят с помощью штангенциркуля или специальным седлообразным прибором с клиновыми вставками или роликами. В первом случае диаметр определяют по формуле

$$D = \frac{l^2}{4h} + h$$

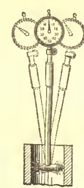
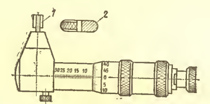
Продолжение табл. 44

Метод измерения и эскиз
Для прибора с клиновыми вставками погрешность диаметра определяют по формуле $$\Delta D = \frac{2 \sin \alpha/2}{1 - \sin \alpha/2} \Delta h,$$ а для прибора с роликами — по формуле $$\Delta D = \left(\frac{l^2}{h^2} - 1 \right) \frac{\Delta h}{1000},$$  где D — измеряемый диаметр в *мм*; h — высота сегмента в *мм* (у штангенциркулей она известна и постоянна); Δh — отклонения, отсчитанные по шкале прибора, в *мк*; α — угол между измерительными плоскостями конических вставок. Установку на нуль прибора с конусными вставками производят по радиусному шаблону с радиусом, равным радиусу детали. Прибор с роликовыми вставками на нуль устанавливают по плите с помощью плоскопараллельных мер длины.

45. Предельные погрешности измерительных инструментов и приспособлений для больших размеров

Наименование методов и средств измерения	Предельные погрешности (±*мк*) для размеров				
	1000	2000	3000	4000	5000
Измерение скобами	0,030	0,047	0,064	0,087	0,103
Методом опоясывания: рабочими рулетками	0,206	0,237	0,256	0,277	0,289
образцовыми рулетками	0,053	0,065	0,077	0,086	0,095
С помощью седлообразного прибора с роликами	0,050	0,100	0,100	0,160	0,160

46. Методы измерения диаметров отверстий

Метод измерения и эскиз	Пределы измерений в *мм*	Погрешность измерения в *мм*
Измерение микрометрическим нутромером (см. табл. 41 и 42)	50—10000	±0,006 до ±0,180
		
Измерение индикаторным нутромером. Прибор осторожно вводят в измеряемое отверстие и небольшими покачиваниями находят наименьшее показание индикатора, соответствующее кратчайшему расстоянию между диаметрально противоположными образующими измеряемого отверстия. Настройку прибора на нуль производят по установочным кольцам или блокам плиток, собранным совместно с боковинами в струбцине	6—50	±0,015
	50—250	±0,020
	250—1000	±0,025
		
Измерение микрометром для внутренних измерений. От обычных микрометров отличается тем, что вместо скобы он имеет специальные измерительные губки *1*. Проверка правильности показаний производится по установочному кольцу *2*. Прибор применяется также для замера ширины мелких пазов и выемок	5—55	±0,010

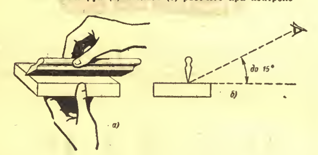
Продолжение табл. 46

Метод измерения и эскиз	Пределы измерений в *мм*	Погрешность измерения в *мм*
Измерение пружинным нутромером. Прибор вводят в отверстие, при этом измерительный стержень *1* пружиной *2* прижимается к стенке. Положение стержня фиксируют фиксатором *3*, после чего прибор вынимают из отверстия. Расстояние *D* между измерительными поверхностями измеряют микрометром	12—150	—
Измерение конусными индикаторными нутромерами с конической иглой [*1]. О диаметре отверстия судят по величине захода иглы *1* в отверстие. Перемещение иглы измеряется или по конусу *2* или с помощью индикатора *3*. Основной недостаток метода — погрешность, вызываемая наличием фаски у измеряемого отверстия	1 : 200 1 : 100 1 : 50 1 : 200 1 : 100	±0,00075 ±0,0014 ±0,0029 ±0,0005 ±0,001

[*1] Здесь показана конусность иглы; первые три строки для конусного прибора, четвертая и пятая строки — для индикаторного прибора.

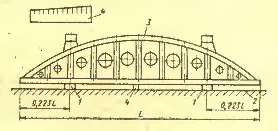
47. Контроль отклонений формы

Метод контроля и эскиз
Контроль неплоскостности Контроль непрямолинейности, вогнутости выпуклости *Проверка на «просвет»* Положение рук (*а*) и глаза (*б*) рабочего при контроле



Лекальную линейку (см. табл. 49) укладывают острым ребром на проверяемую поверхность, а источник света помещают сзади линейки и детали. Наличие просветов указывает на имеющиеся отклонения от прямолинейности и плоскостности. Если величину просвета определять с помощью образцов просвета, то точность метода может составлять 1—3 *мк*.

Метод линейных отклонений

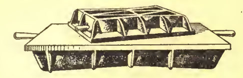


Здесь применяют поверочные линейки с широкой рабочей поверхностью (см. табл. 49). Концевые меры *1*, установленные на измеряемой поверхности *2*, поддерживают чугунный мостик *3*. Величина погрешности определяется с помощью клинового щупа *4*. Иногда для измерений применяют индикатор, измерительный наконечник которого обычно базируется по верхней плоскости поверочной линейки

Продолжение табл. 47

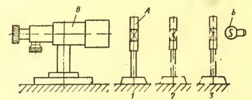
Метод контроля и эскиз

Проверка «на краску»



Плиту или линейку (см. табл. 49), покрытую тонким слоем краски (сурик, сажа, лазурь), накладывают на проверяемую поверхность. После двух-трех круговых движений без нажима плиту или линейку снимают. Качество поверхности оценивается равномерностью и числом пятен на площади размером 25×25 *мм* в нескольких местах

Контроль больших длин и поверхностей



Визирная марка *А* перемещается по контролируемой плоскости между источником света *Б* и визирной трубой *В*. Смещение визирной марки фиксируется визирной трубой. Находят применение также следующие методы: измерение по струне, измерение уровнем, оптические методы измерения (коллимационные и автоколлимационные), метод сообщающихся сосудов

Интерференционный метод



Интерференционные картины для: а — правильной плоскости; б — плоскости с завалами по краям; в — выпуклой поверхности; г — вогнутой поверхности

Метод применяется для точного контроля малых доведенных поверхностей. Интерференционные полосы возникают при наличии зазора между проверяемой поверхностью и плоской стеклянной пластиной. Погрешность метода не превышает 0,1 *мк*. Метод не применим, если погрешность больше 2 *мк*

Продолжение табл. 47

Метод контроля и эскиз

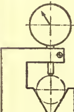
Контроль некруглости

Контроль огранки

Контроль во втулке



Этот метод наиболее правнлеи при условии, если деталь точио апнсывается во виутренний днаметр втулки. Прн этом максимальиое отклоненне стрелки иидпкатора при повороте детвли иа 360° — истииное значеине огрвики. Метод иашел огрвинчеиное примеиеиие нз-за зиачнтельной завнсимости точиостн измерения от точности нзготовлеиия втулки



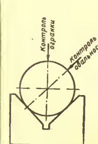
Контроль в призме

Здесь иа поквзания приборв влняют угол прнзмы и число граней. Отдельные виды ограики при некоторых углвх прнзмы вовсе ие выявляются, поэтому иногда детвль проверяют в двух призмвх с разиыми углами. Поквзвния прнбора умиожвют на следующне коэффициенты:

Число граней огранки	Угол призмы	
	60°	90°
3 5	1/3 —	1/2 1/2

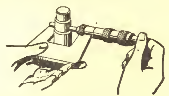
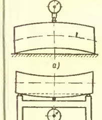
Контроль овальиости

Контроль в призме

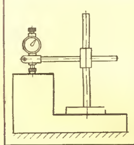


Овальиость определяется как разность между иаибольшим н наимеиьшим диаметрами. Поэтому погрешиость следует нзмерять в иаправленин, перпендикуляриом одиой из грвней прнзмы. Величииа овальностн равиа разиости между наибольшям и иаименьшим показаниями прибора

Продолжение табл. 47

Метод контроля и эскиз
Контроль микрометром

Измеряют наибольший и наименьший диаметры вала и вычисляют разность, которая и будет определять овальность
Контроль отклонения профиля продольного сечения
 Контроль конусообразности, бочкообразности, седлообразности, изогнутости *Контроль конусообразности* сводится к измерению обычными средствами диаметров в двух сечениях. *Контроль бочкообразности и седлообразности* производят измерением трех диаметров вдоль оси. Во всех случаях погрешность определяется как наибольшая разность между возможными замерами *Контроль изогнутости* (схема *а*) производят измерением наибольшей стрелы прогиба в продольном сечении изделия. Последнее поворачивают на 360° и определяют наибольшее колебание стрелки. При контроле по схеме *б* показание прибора следует разделить на 2

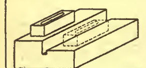
48. Контроль расположения поверхностей

Метод контроля и эскиз
Контроль непараллельности плоскостей
 *Контроль с помощью индикатора на стойке* Штатив перемещается по одной из контролируемых плоскостей, а измерительный наконечник индикатора по другой. Разность отсчетов по прибору, полученная в двух сечениях контролируемого объекта, дает величину непараллельности на данном расстоянии
Примечание. Если отделочная операция выполнялась в центрах, то контроль нецилиндричности (некруглости и отклонения профиля в продольном сечении) рационально также проводить в центрах.

Продолжение табл. 48

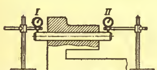
Метод контроля и эскиз

Контроль с помощью уровня



Когда контролируемые плоскости занимают примерно горизонтальное положение, можно для контроля применять уровень (например, слесарный). Укладывая уровень последовательно на обе контролируемые плоскости и отмечая его показания, определяют непараллельность, как разность показаний уровня

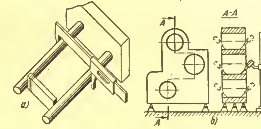
Контроль непараллельности оси и плоскости



Деталь устанавливают на контрольную плиту так, чтобы проверяемая плоскость была параллельна плоскости плиты. Ось отверстия обычно материализуется оправкой. Разность показаний индикатора, подведенного на штативе к разным участкам (I и II) оправки, покажет непараллельность оси плоскости.

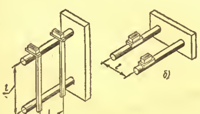
Контроль непараллельности осей

Контроль измерением разности расстояний между осями



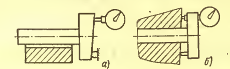
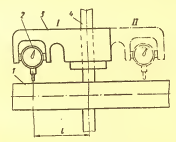
Разность расстояний между валами (или оправками, если имеют дело с отверстиями) определяют с помощью блока концевых мер, микрометрами, штангенциркулями и т. п. (эскиз *а*). В некоторых случаях непараллельность осей втулок можно контролировать и без использования оправок, как показано на эскизе *б*

Контроль с помощью уровня



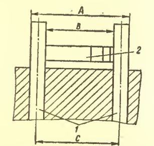
Этот метод более универсален, так как позволяет производить контроль в вертикальной плоскости (*а*) и горизонтальной (*б*)

Продолжение табл. 48

Метод контроля и эскиз
Контроль неперпендикулярности плоскостей
 Контроль осуществляется чаще всего на контрольной плите с помощью угольников. Для качественной оценки отклонения применяют или щупы или концевые меры длины (*а*). Иногда удобнее пользоваться индикатором на штативе (*б*)
Контроль неперпендикулярности плоскости и оси

Для контроля используются разнообразные индикаторные приспособления, наиболее распространенные схемы которых показаны на рис. *а* и *б*. На рис. *а* показан метод контроля торцового биения валика, установленного в призму с помощью индикатора. На рис. *б* представлен метод контроля перекоса торца отверстия относительно ее оси. По обеим схемам измерения индикатор отмечает удвоенную величину перекоса
Контроль неперпендикулярности осей

Контроль осуществляют либо на контрольных плитах с помощью универсальных измерительных средств и вспомогательных приспособлений, либо с помощью накладных приспособлений, выполненных по схеме, показанной на рисунке. На вал *4* надет кронштейн *3* с индикатором *2*. Кронштейн поворачивают на 180° и снимают отсчеты по индикатору в момент соприкосновения его с верхней точкой вала *1*. Разность отсчетов (I и II) дает двойную величину неперпендикулярности на длине *l*

Продолжение табл. 48

Метод контроля и эскиз
Контроль межосевых расстояний



Наиболее распространенным методом является метод измерения с помощью оправок. В отверстие вставляются специальные аттестованные цилиндрические оправки *1*. С помощью блока плиток *2* проверяют размер *A* или *B*. Межосевой размер *C* подсчитывают по формуле

$$C = A - \frac{D_1}{2} - \frac{D_2}{2}, \text{ или } C = B + \frac{D_1}{2} + \frac{D_2}{2},$$

где D_1 и D_2 диаметры оправок.

Для точных измерений необходим набор оправок с перепадом диаметров от 0,002 до 0,030 *мм*, в зависимости от желаемой точности замера. Иногда применяют конические оправки с конусностью от 1/1000 до 1/10000 или ступенчатые оправки.

49. Типы и виды поверочных линеек и преимущественный метод проверки ими изделий

Тип линейки	Наименование линейки	Размер линейки в *мм*	Классы точности линейки и метод поверки
Лекальные линейки			
1	*1* — с односторонним скосом	25; 75; 125	0-й, 1-й классы точности. Метод проверки — световой щели
2	*2* — с двусторонним скосом	175; 225	
3	*3* — трехгранные	300; (400)	
4	*4* — четырехгранные	(500)	

Продолжение табл. 49

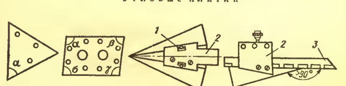
Тип линейки	Наименование линейки	Размер линейки в *мм*	Класс точности линейки и метод поверки
Линейки с широкой рабочей поверхностью			
	Стальные прямоугольного сечения	500; 750	1-й, 2-й классы точности. Методы проверки: 1) линейных отклонений; 2) «на краску»
	Стальные двутаврового сечения	500; 750; 1000; 1500; 2000; 2500; 3000; 4000	
	Чугунные двутаврового сечения	500; 750; 1000; 1500; 2000	
	Чугунные мостики	500×40 750×45 1000×50 1500×60 2000×70 2500×80 3000×90 4000×110 5000×130	
Линейки угловые (клинья)			
1, 2; α=45°; 55°; 60°	*1* — трехгранные *2* — трапецеидальные	250; 500 750; 1000	1-й, 2-й классы точности. Метод проверки — «на краску»

50. Размеры угловых мер (по ГОСТу 2875—62)

Градация величин рабочих углов	Номинальные величины рабочих углов	Количество плиток данной формы и градации
	Плитки с одним рабочим углом (α); тип I	
2′	1′—29′	15
1°	1°—9°	9
	Плитки с одним рабочим углом (α); тип II	
1°	10°—79°	70
10′	15°—16°	7
1′	15°—15°10′	11
15″	15°—15°01′	5
15°10′	15°10′—75°50′	5
	Плитки с четырьмя рабочими углами (α, β, γ, δ); тип III	
1°	80°—81°—100°—99° 82°—83°—98°—97° 84°—85°—96°—95° 86°—87°—94°—93° 88°—89°—92°—91° 90°—90°—90°—90°	6
10′	89°10′—89°20′—90°50′—90°40′ 89°30′—89°40′—90°30′—90°20′ 89°50′—89°59′—90°10′—90°01′ 90°—90°—90°—90°	4
15″	89°59′30″—89°59′45″—90°00′30″—90°00′15″; 90°—90°—90°—90°	2

51. Контроль углов с помощью угловых мер и калибров

Средства и метод контроля, эскиз
Угловые плитки

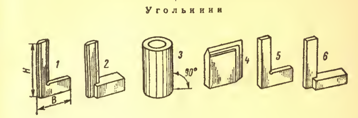


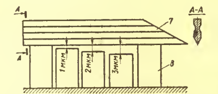
Угловые плитки для контроля углов на точных деталях и для проверки угломерных приборов имеют один или четыре рабочих угла. Их изготовляют 1-го класса точности (допустимое отклонение ±10″) и 2-го класса точности (допустимое отклонение ±30″) и собирают в блоки с помощью специальных державок

1 — клин; *2* — державка; *3* — линейка

Продолжение табл. 51

Средства и метод контроля, эскиз
Угольники

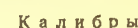


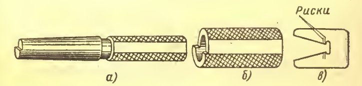


Угольники 90° для проверки прямых углов выпускают 0-го, 1-го, 2-го и 3-го классов точности.

Лекальные угольники (*1*, *2* и *4*) имеют скошенные грани, что облегчает контроль на просвет.

Простые угольники (*5*) для проверки неточных изделий. *Угольники с широким основанием* (*2* и *6*) *и цилиндрические* (*3*) *для проверки при установке изделия на плите.* Контроль осуществляют путем оценки размера щели между угольником и деталью на глаз или сравнением с другой щелью, созданной лекальной линейкой *7* и концевыми мерами длины *8*. При использовании крупных угольников просвет оценивают щупами


Калибры

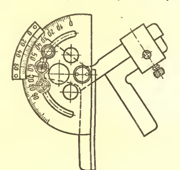


Калибры-пробки (а) и *калибры-кольца* (*б*) обеспечивают точный и производительный контроль конусов. Обычно на калибр мелом, карандашом или краской наносят линии вдоль образующей. Неравномерное стирание линии указывает на вид и расположение погрешности изделия. Для наружных конусов применяют иногда *угловые скобы* (*в*). Для контроля базы конуса на калибрах наносят риски или делают буртики.

52. Контроль углов с помощью механических и оптико-механических угломерных приборов

Средство и метод контроля *[1], эскиз

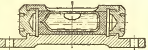
Механические угломерные приборы



Механические угломеры. Контроль углов осуществляют путем введения в соприкосновение измерительных линеек угломера со сторонами контролируемого угла. Угломеры выпускаются двух типов:

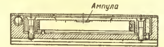
тип I позволяет контролировать углы от 0 до 90° с угольником и от 90° до 180° без угольника; тип II позволяет контролировать наружные углы от 0 до 180° и внутренние от 40° до 180°. Отсчет производят с использованием нониусной шкалы; Ц. д. ош. 1°; Ц. д. ши. 2′; П. пп. ± 2′

Уровни



Уровни служат для измерения малых угловых отклонений от вертикального и горизонтального положения.

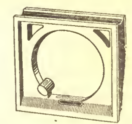
Установочные уровни для установки прибора в горизонтальное положение. Их крепят непосредственно на станине прибора. Точность измерений 1′—60′



Брусковые уровни для контроля горизонтального расположения поверхностей при монтаже, проверке точности и т. п.

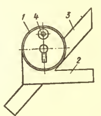
Продолжение табл. 52

Средство н метод контроля *1, эскнз

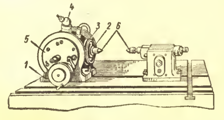


Рамные уровни для контроля горизонтального и вертикального расположения поверхностей. Прнменяют также уровни с микрометрнческой подачей. Ц. д. шн. 0,02 *мм/м* — 0,2 *мм/м*.

Оптические угломерные приборы



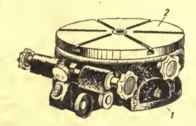
Оптический угломер состонт из корпуса *1* с неподвижиой линейкой *2*. Угол поворота подвнжной линейки *3* отсчнтывается с помощью микроскопа *4* и нониусов. Пределы нзмереинй от 0 до 180°; ц. д. ош. 1°; ц. д. шн. 5′



Оптические делительные головки для измерения углов, разметки и деления деталей при обработке. Деталь крепят в центрах *6* илн в патроне. Поворот шпинделя *2* грубо отсчнтывают по шкале *3* я точно с помощью микроскопа *4* и нониусов. По шкале *5* определяют угол поворота шпинделя в вертикальной плоскостн

Продолжение табл. 52

Средство и метод контроля *1, эскиз			
Марка головки	Ц. д. ош.	Ц. д. шк.	П. пп.
ОДГ-5 ОДГ-10 ОДГ-60	1° 1° 1°	5″ 10″ 1′	±5″ ±10″ ±1′

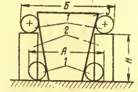


Оптический круглый стол (*1* — основание; *2* — поворотная часть) применяют в тех случаях, когда деталь по какой-либо причине нельзя установить на оптической делительной головке. Ц. д. ош. 20″; ц. д. шк. 1″; п. пп. 5″

*1 Приняты обозначения: Ц. д. ош. — цена деления основной шкалы; ц. д. шк. — цена деления шкалы нониуса; п. пп. — предельная погрешность показания.

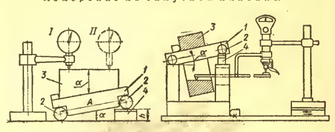
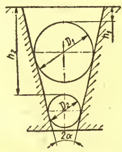
53. Косвенные методы измерения углов

Метод измерения и эскиз
Измерение с помощью роликов и концевых мер для измерения наружных конусов и клиньев.



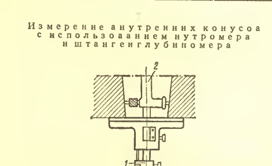
Используя аттестованные ролики *1* измеряют размер *А*, затем с помощью концевых мер *2* высотой *H* измеряют размер *Б* изделия *3*. Угол α подсчитывают по формуле $\operatorname{tg}\alpha = \frac{Б - А}{2H}$; при контроле клиньев возможно использование шариков

Продолжение табл. 53

Метод измерения и эскиз
Измерение на синусной линейке:  *наружного конуса* *внутреннего конуса* Синусная линейка состоит из платформы *1* с прикрепленными к ней точными роликами *2*. Если на платформу установить измеряемое изделие *3*, а под один из роликов блок из концевых мер *4*, подобрав его высоту *H* так, чтобы измерительный прибор при перенесении из положения *I* в положение *II* давал строго одинаковые показания, то угол конуса α находят по формуле $\sin\alpha = \frac{H}{A}$, где *A* — расстояние между осями роликов Указанным методом можно контролировать и внутренние конуса. В некоторых случаях применяют синусные линейки с центрами. Характеристики синусных линеек приведены в табл. 54, а погрешности измерений — в табл. 55 Измерение внутренних конусов при помощи шариков  В конусное отверстие поочередно закладывают аттестованные шарики диаметрами D_1 и D_2. Точно замеряют расстояния h_1 и h_2 до поверхности каждого шарика (например, микрометрическим глубиномером). Искомый угол α подсчитывают по формуле $$\sin\alpha = \frac{D_1 - D_2}{h_2 - h_1 \frac{D_1 - D_2}{2}}.$$

Продолжение табл. 53

Метод контроля и эскиз
Измерение внутренних конусов с использованием нутромера и штангенглубиномера



Используя штангенглубиномер *1* как упор, устанавливают нутромер *2* на нужную высоту и, покачивая его, замечают минимальное показание прибора. Замерив таким способом диаметр на другой высоте, рассчитывают угол наклона образующей к оси α по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D_1 - D_2}{2\,(h_2 - h_1)},$$

где $(D_1 - D_2)$ — разность показаний нутромера на разных высотах; $(h_2 - h_1)$ разность показаний штангенглубиномера

54. Характеристики синусных линеек (по ГОСТу 4046—61*)

Размеры в *мм*

Расстояния между центрами роликов *A*	100	100	200	200
Ширина рабочей плоскости	25	100	50	150
Диаметр роликов	20	20	30	30
Предельное отклонение размера *A*	0,002	0,003	0,003	0,005
Предельная разность диаметров парных роликов	0,003	0,003	0,003	0,003
Предельное отклонение от параллельности рабочей поверхности линейки к плоскости, касательной к нижним образующим ролика	0,002	0,002	0,003	0,003

55. Погрешности построения угла с помощью синусных линеек

Погрешности при величине измеряемого угла	Параметры линейки	
	$A = 100$ *мм*	$A = 200$ *мм*
0—15°	5″	3″
30°	7″	5″
45°	10″	7″
60°	17″	12″
80°	52″	38″

КОНТРОЛЬ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Для комплексного контроля наружных и внутренних резьб используют калибры (табл. 37); при отсутствии их резьбы измеряют по пяти параметрам: среднему, наружному и внутреннему диаметрам, шагу и половине угла профиля.

В табл. 56 рассмотрены основные средства и методы контроля. Наивыгоднейшие диаметры проволочек приведены в табл. 57.

КОНТРОЛЬ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Все многообразные функции, выполняемые зубчатыми передачами, можно разбить на три основные группы: отсчетные, скоростные и силовые.

Основное назначение отсчетных передач — точная передача движения. Строгая согласованность углов поворота ведомого и ведущего колес достигается за счет высокой *кинематической точности передачи*.

Скоростные передачи работают при окружных скоростях до 150 *м/сек* и более, передавая мощность до 40 000 *квт* и более. В этих условиях главное требование к точности передач — обеспечение *плавности работы колес*.

Ряд передач, работая при незначительных числах оборотов, передают значительные крутящие моменты. Поэтому основные точностные требования при выполнении этих передач заключаются в обеспечении наибольшей площади контакта боковых поверхностей зубьев, т. е. в обеспечении *полноты контакта сопряженных зубьев*.

Таким образом, эксплуатационное назначение передачи и технические требования к ней определяют необходимую точность тех или иных параметров зацепления.

ГОСТ 1643—56 устанавливает 12 степеней точности зубчатых передач. Наиболее точные 1-я и 2-я степени являются перспективными, и допуски и отклонения на них не приводятся. Также не приводятся допуски и отклонения для колес 12-й степени точности, так как механически обработанные колеса не делают грубее 11-й степени точности. Для каждой степени точности установлены нормы кинематической точности, плавности зацепления и контакта зубьев.

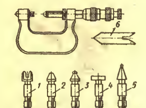
Независимо от степени точности установлено 4 вида сопряжений колес, определяемые *боковым зазором*, измеряемым в сечении, перпендикулярном направлению зубьев, в плоскости, касательной к основным цилиндрам. В зависимости от величины бокового зазора установлено 4 вида сопряжений: С — с нулевым зазором; Д, Х, Ш — с гарантированным зазором.

Погрешности зубчатых колес и способы их контроля приведены в табл. 58: характеристики приборов для контроля — в табл. 59.

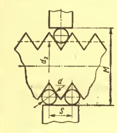
56. Контроль резьбовых соединений

Метод контроля и эскиз

Контроль среднего диаметра



Наружную резьбу проверяют двумя методами: 1. *Резьбовым микрометром* со специальными вставками: *1* — призматическая; *2* — коническая; *3* — коническая укороченная; *4* — плоская; *5* — шаровая. Микрометр проверяют по установочной мере *6*. Резьбовые микрометры применяют для размеров до 350 *мм*



2. *Методом трех проволочек*, диаметр которых выбирают по табл. 57. Предварительно измеряют размер *M* микрометром или на каком-либо приборе, обеспечивающем требуемую точность контроля. Действительную величину α вычисляют по формулам:

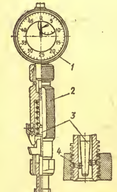
для резьб с $\alpha = 60°$

$$d_2 = M - 3d + 0,866S;$$

для резьб с $\alpha = 55°$

$$d_2 = M - 3,1657d + 0,9605S,$$

где *d* — диаметр проволочек в *мм*.



Внутреннюю резьбу проверяют двумя методами:

1. *Методом шаровых наконечников*, который аналогичен методу трех проволочек (диаметр наконечника также выбирают по табл. 57):

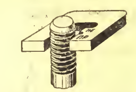
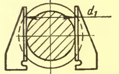
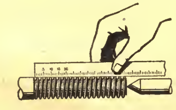
А) *Измерение микрометрическим штихмасом с резьбовыми вставками*. Штихмас устанавливают на нуль по резьбовому калибру.

Б) *Измерение индикаторным прибором* (метод более точен и производителен). Показания индикатора *1*, установленного в корпусе *2*, зависят от перемещения иглы *3*, раздвигающей шаровые вставки *4* до упора в контролируемую резьбу.

2. *На измерительном микроскопе* по отливке, полученной заливкой резьбы сплавом с низкой температурой плавления или по слепкам на гипса.

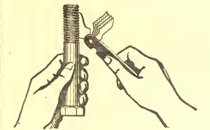
Рекомендуемая рецептура для слепков: чистый гипс — 60 частей; 40%-ный раствор хромпика в воде — 40 частей. Температура смеси 40—50° С

Продолжение табл. 56

Метод контроля и эскиз
Контроль наружного диаметра

Наружную резьбу проверяют гладкими предельными калибрами или различными универсальными средствами (штангенциркули, микрометры и т. п.)
Внутреннюю резьбу проверяют на измерительном микроскопе по отливкам или слепкам
Контроль внутреннего диаметра d_1

Наружную резьбу проверяют на измерительных микроскопах, проекторах, микрометром со специальными вставками или штангенциркулем. При контактных измерениях результат пересчитывают по формуле $$d_1 = \frac{d_{1\,изм}}{\cos\beta},$$ где β — угол подъема резьбы.
Внутреннюю резьбу проверяют гладкими предельными калибрами-пробками, штангенциркулями и т. п. (см. табл. 37, 39 и 41)
Контроль шага резьбы S
Наружная резьба

Номинальный шаг проверяют тремя методами:
линейкой измеряют расстояния между удаленными друг от друга витками и делят его на соответствующее число витков;

Продолжение табл. 56

Метод контроля и эскиз

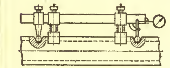


резьбомером, путем подбора пластинки, обеспечивающей минимальный зазор по профилю резьбы; шаг определяют по маркировке на пластинке;

на микроскопе, путем измерения расстояния между одноименными боковыми сторонами. Стойку микроскопа следует наклонить на угол подъема резьбы β, определяемый по формуле

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{S}{\pi d_2},$$

где S — шаг резьбы;
d — средний диаметр.

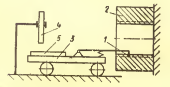


накладным шагомером, путем измерения расстояния между шариками, базирующимися по боковым сторонам профиля резьбы. В зависимости от конструкции прибора погрешность измерения равна ±0,005 *мм* — ±0,015 *мм*.

Внутренняя резьба



Номинальный шаг контролируют тремя методами:
резьбомером, путем подбора пластинки, обеспечивающей минимальный зазор по профилю резьбы; шаг определяют по маркировке на пластинке;
на измерительных микроскопах по отливкам или слепкам или на микроскопе ИЗК-59.



шагомерным прибором, для чего измерительный наконечник *1* устанавливают во впадины резьбы детали *2*, благодаря чему каретка *3* получает соответствующие смещения, контролируемые с помощью микроскопа *4* и образцовой шкалы *5*.

Продолжение табл. 56

Метод контроля и эскиз
Контроль угла профиля Угол профиля измеряют на микроскопах или проекторах. Внутреннюю резьбу замеряют по слепку или отливке или с помощью микроскопа ИЗК-59, техническая характеристика которого следующая: Пределы измерения шага резьбы в *мм* . . . . . 0,25—2 Пределы измерения среднего диаметра в *мм* 18—98 Увеличение визирного микроскопа . . . . . . ×25 Увеличение отсчетного микроскопа . . . . . . ×42 Предельная погрешность измерения на УИМ-21 с применением микроскопа ИЗК-59 (в *мм*): шага . . . . 0,002 среднего диаметра . . . . 0,003 половины угла профиля в *мин* 10

57. Наивыгоднейшие диаметры проволочек для измерения резьб [*1] (по ГОСТу 2475—62)

М		Д		Т		У	
t в *мм*	D_n в *мм*	i	D_n в *мм*	t в *мм*	D_n в *мм*	t в *мм*	D_n в *мм*
0,2	0,118	24	0,572	2	1,047	2	1,157
0,25	0,142	20	0,724		1,302 [*2]	3	1,732
0,3	0,170	18	0,796	3	1,533	4	2,217
0,35	0,201	16	0,866		1,732 [*2]	5	2,886
0,4	0,232	14	1,008	4	2,071	6	3,310
0,45	0,260	12	1,157		2,217 [*2]	8	4,400
0,5	0,291	11	1,302	5	2,595	10	5,493
0,6	0,343	10	1,441		2,886 [*2]	12	6,585
0,7	0,402	9	1,591	6	3,106	16	8,767
0,75	0,433	8	1,732		3,287 [*2]	20	10,950
0,8	0,461	7	2,020	8	4,141		
1,0	0,572	6	2,311		4,211 [*2]		
1,25	0,724	5	2,886	10	5,176		
1,5	0,866	4,5	3,177	12	6,212		
1,75	1,008	4	3,580	16	8,282		
2,0	1,157	3,5	4,091	20	10,353		
2,5	1,441	3,25	4,400	24	12,423		
3,0	1,732	3,0	4,773	32	16,565		
3,5	2,020			40	20,706		
4,0	2,311						
4,5	2,595						
5,0	2,886						
5,5	3,177						
6,0	3,468						

[*1] Приняты обозначения: М, Д, Т, У — названия резьб, соответственно метрическая, дюймовая, трапецеидальная, упорная; t — шаг резьбы; D_n — диаметр проволочки; i — число ниток на 1″.

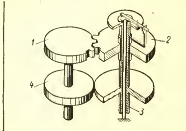
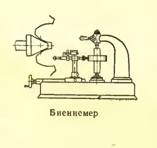
[*2] Диаметры проволочек предназначены для измерения среднего диаметра калибров Р-ПР.

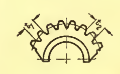
Примечание. При измерении калибров Р-ПР трапецеидальной и упорных резьб необходимо учитывать отклонение половин угла профиля.

58. Контроль цилиндрических

Вид погреш	
Эскиз	**Определение**
	Контроль киниематиче *Комплексная*
	Кинематическая погрешность колеса— это наибольшая погрешность $\Delta\alpha$ угла поворота колеса в пределах полного его оборота при однопрофильном зацеплении с эталонным колесом
	Составляющие комплекс
	Накопленная погрешность окружного шага — наибольшая погрешность во взаимном расположении профилей зубьев, измеренная по дуге окружности, проходящей примерно через середину высоты зуба с центром на оси вращения колеса Расположение профилей зубьев: *I* — точное; *II* — действительное
	Радиальное биение зубчатого венца — наибольшее колебание расстояний от постоянных хорд зубьев (или впадин) до оси вращения колеса. *Постоянной хордой* S_{xn} называется расстояние между точками касания исходного реечного контура с обоими профилями зуба в нормальном сечении рейки

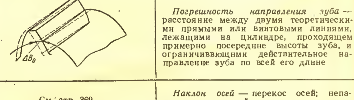
зубчатых колес

ности	Контроль	
Обозначение	Эскиз	Метод
с к о й т о ч н о с т и к о л е с а *погрешность*		
ΔF_{Σ}		Погрешность определяют сравнением углов поворота проверяемого колеса *1* в однопрофильном зацеплении с эталонным колесом *2*. Вращение от проверяемого колеса к сравнивающему механизму передается через точные фрикционные диски *3* и *4*
ной погрешности		
$\Delta t_{\Sigma} =$ $= \Delta t_{\Sigma\ наиб} +$ $+ \Delta t_{\Sigma\ наим}$		Погрешность определяют по результатам измерения окружных шагов на универсальном зубоизмерительном приборе УЗП-400 или на аналогичном приборе фирмы Цейсс
e_0	 Биениемер	а) измерение с помощью биениемеров. Наиболее распространенный биениемер конструкции МИЗ контролирует колеса диаметрами от 40 до 240 *мм* и модулем 1—10 *мм*; б) измерение с помощью прибора УЗП-400

Вид погреш	
Эскиз	Определение
	Колебание измерительного межцентрового расстояния — наибольшая разность межцентровых расстояний при двухпрофильном зацеплении проверяемого колеса *1* с измерительным колесом *2*
	Колебание длины общей нормали — разность между наибольшей $L_{наиб}$ и наименьшей $L_{наим}$ длинами общей нормали. *Общая нормаль* L измеряется между точками касания двух разноименных профилей *A* и *B* с охватывающими их параллельными плоскостями
	Контроль плавности
	Комплексная
	Циклическая погрешность ΔF — это многократно повторяющаяся составляющая кинематической погрешности колеса
	Составляющие комп
	*Разность окружных шагов* — разность между двумя любыми окружными шагами, измеряемыми по окружности, проходящей по середине высоты зуба

Продолжение табл. 58

ности	Контроль	
Обозначение	Эскиз	Метод
$\Delta_0 a$		Погрешность определяют в основном на приборе для комплексной двухпрофильной проверки КДП-300
$\Delta L = L_{наиб} -$ $- L_{наим}$		Длину общей нормали измеряют: а) на универсальном зубоизмерительном приборе УЗП-400; б) зубомерными микрометрами; в) индикаторной скобой ЛИЗ
работы колеса *погрешность*		
$\Delta F = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$	—	Погрешность выявляется так же, как и кинематическая погрешность колеса. Для широких колес погрешность можно оценить с помощью волномеров конструкции ЦНИИТМАШа
лексной погрешности		
$\Delta t = t_2 - t_1$		Окружной шаг контролируют: а) шагомером ЛИЗ; б) для мелкомодульных колес на оптической делительной головке с использованием чувствительного упора со стрелочным показателем нулевого положения

Эскиз	Определение
	Вид погреш
	Отклонение основного шага — разность между действительным $t_{o\partial}$ и номинальным t_o расстояниями между двумя параллельными касательными к двум одноименным соседним профилям зубьев колеса. Погрешность определяют в сечении, перпендикулярном направлению зубьев в плоскости, касательной к основному цилиндру
	Погрешность профиля Δf — расстояние по нормали между двумя теоретическими профилями зуба колеса *1*, ограничивающими действительный профиль *2* в пределах его рабочего участка. Погрешность определяют в сечении, перпендикулярном оси колеса
	Контроль полноты контакта
	Комплексная
	Пятно контакта — это часть боковой поверхности зуба колеса, на которой располагаются следы прилегания его к зубу парного колеса после вращения при легком торможении собранной передачи
	Составляющие ком
	*Погрешность направления зуба* — расстояние между двумя теоретическими прямыми или винтовыми линиями, лежащими на цилиндре, проходящем примерно посередине высоты зуба, и ограничивающими действительное направление зуба по всей его длине
См. стр. 369	*Наклон осей* — перекос осей; непараллельность осей

Продолжение табл. 58

...ности	Контроль	
Обозначение	Эскиз	Метод
$\Delta t_0 = t_{0д} - t_0$	l_0 P Схема контроля на УЗП-400	Основной шаг контролируют а) на универсальном зубоизмерительном приборе УЗП-400; б) шагомером завода «Калибр», шагомером ЛИЗ и др.; в) на измерительных микроскопах или проекторах для мелкомодульных колес
Δf	а) б) в) М50:1 1 2 3 г)	Погрешность контролируют: по шаблонам *а*, б, *в* на просвет; для мелкомодульных колес — на проекторах *г* сравнением увеличенного изображения действительного профиля зуба *1* с предельными контурами *2* проекторного чертежа *3*; на эвольвентомерах

сопряженных зубьев

погрешность

Пятно контакта определяют, используя краску, относительными размерами: по длине зуба — отношением расстояния *a* и полной длине зуба $B\left(\frac{a}{B}\cdot 100\%\right)$; по высоте—отношением средней высоты пятна прилегания по всей длине зуба к рабочей высоте зуба $\left(\frac{h_{cp}}{h_3}\times 100\%\right)$

плексной погрешности:

ΔB	Погрешность контролируют: а) на приборе для проверки направления зуба и радиального биения зубчатого венца конструкции МИЗ; б) на универсальных средствах; например для прямозубых колес, на инструментальном микроскопе БМИ с использованием оправки и рычажного индикатора, укрепленного на тубусе. Угловой поворот стола с оправкой, при котором продольное перемещение оправки не сказывается на показании индикатора, и есть величина наклона зуба
ΔY; ΔX	Контроль (см. на стр. 40)

59. Характеристики основных приборов, применяемых при контроле зубчатых передач

Параметр	Величина параметра
Универсальный зубоизмерительный прибор УЗП-400	
Модуль *m* измеряемых колес в *мм*	1—10
Наибольший диаметр колес в *мм*	380
Предельная погрешность измерения в *мк*:	
абсолютной величины основного шага	$\pm\left(4,5+\frac{3m}{100}\right)$
неравномерности основного шага	±1,5
абсолютной длины общей нормали	±7
неравномерности длины общей нормали	±1,5
неравномерности окружного шага	±3
неравномерности толщины зуба	±5
биения зубчатого венца	±1,5
Приборы для измерения окружного шага	
Модуль измеряемых колес в *мм*:	
прибор № 1	3—15
» № 2	10—26
Цена деления индикатора в *мм*	0,005
Ширина венца колес при измерении в *мм*:	
с накладкой	До 16
от плиты	» 24
конических колес	» 21
Предельная погрешность измерения:	
прибор № 1	±0,010
» № 2	±0,015
Нормалемер конструкции ЛИЗ	
Пределы измерения в *мм*	До 300
Цена деления показывающего прибора в зависимости от цены деления *i* индикатора	*i* : 2
Предельная погрешность измерения колес 5 и 6-й степеней точности в *мк*	$\Delta_0 L = \pm\left(10+\frac{15L}{1000}\right)$
Прибор КДП-300	
Наибольшие размеры цилиндрических колес в *мм*:	
расстояние между осями колес	50—300
модуль колеса	1—10
наибольший диаметр валковых колес	185
длина валковых колес	110—300

Продолжение табл. 59

Параметр	Величина параметра
Наибольшие размеры конических колес в *мм*:	
расстояние от горизонтальной оправки до базового торца сопряженного колеса	45—175
расстояние от вертикальной оси оправки до базового торца сопряженного колеса	25—275
Наибольшие размеры червячных пар в *мм*:	
расстояние от оси червяка до базового торца червячного колеса	13—143
расстояние от оси червяка до оси червячного колеса	До 223
наибольший диаметр червяка	100
наибольшая длина червяка	240
Предельная погрешность измерений (не более) в *мм*	±0,01
Шагомеры для проверки основного шага с кромочными наконечниками	
Пределы измерения по модулю в *мм*	2—36
Предельная погрешность измерений (±*мк*), не более	$\left(8+\frac{3m}{100}\right)$
Шагомеры для проверки основного шага с тангенциальными наконечниками	
Пределы измерения по модулю в *мм*	2—20
Предельная погрешность измерения (± *мк*)	$\left(6+\frac{3m}{100}\right)$
Эвольвентомер с индивидуальными дисками	
Пределы измерения по модулю в *мм*	1—10
Диаметр колеса в *мм*	60—240
Предельная погрешность измерения (± *мк*)	3
Эвольвентомер с постоянным копиром (типа КЭУ)	
Пределы измерения по модулю в *мм*	0,7—10
Диаметр колеса в *мм*	До 300
Предельная погрешность измерения (± *мк*)	3
Эвольвентомер с постоянным диском (фирмы Цейсс)	
Пределы измерения по модулю в *мм*	1—10
Диаметр колеса в *мм*	До 400
Предельная погрешность измерения	$\pm\left(1{,}5+\frac{2mz}{1000}\right)$

Примечание. m — модуль контролируемого колеса; z — число зубьев контролируемого колеса.

КОНТРОЛЬ ШЕРОХОВАТОСТИ

Основные понятия. Шероховатость поверхности — совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующих рельеф поверхности и рассматриваемых в пределах участка, длина которого выбирается в зависимости от характера поверхности и равна базовой длине l.

Базовая длина l зависит от класса шероховатости (см. табл. 31). Неровности поверхности, имеющие размер больше базовой длины, шероховатость не характеризуют. Такие дефекты поверхности, как царапины, раковины и т. п. при измерении также не учитываются.

Числовые значения шероховатости отсчитываются от единой базы, за которую принята *средняя линия профиля* m, имеющая форму геоме-

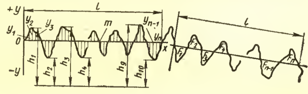


Рис. 6

трического профиля и делящая измеренный профиль так, чтобы в пределах базовой длины сумма квадратов расстояний (y_1, y_2, y_3, . . ., y_n на рис. 6) точек профиля до этой линии была минимальной. При определении средней линии на профилограмме допускается располагать ее так, чтобы площади по обеим сторонам от этой линии до контура профиля были равны между собой, т. е. $F_1 + F_3 + F_5 + \cdots + F_{n-1} = F_2 + F_4 + F_6 + \cdots + F_n$ (см. рис. 6).

Шероховатость поверхности определяется одним из следующих параметров: средним арифметическим отклонением R_a; высотой неровностей R_z.

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a определяется как среднее значение расстояний (y_1, y_2, y_3, ..., y_n) точек измеренного профиля до его средней линии. Приближенно

$$R_a = \frac{\sum_1^n |y_i|}{n}.$$

Высота неровностей R_z определяется как среднее расстояние между находящимися в пределах базовой длины пятью высшими точками выступов и пятью низшими точками впадин, измеренное от линии, параллельной средней линии (см. рис. 6):

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + \cdots + h_9) - (h_2 + h_4 + \cdots + h_{10})}{5}.$$

Измерение шероховатости следует производить в направлении, которое дает наибольшее значение R_a или R_z, если не указано определенное направление измерения шероховатости.

По ГОСТу 2789—59 установлено 14 классов чистоты (шероховатости) поверхности. В табл. 60 приведены для принятых классов шероховатости поверхности числовые значения R_a и R_z. Для классов 6—12 основной является шкала R_a, а для классов 1—5, 13 и 14 — шкала R_z.

60. Числовые значения R_a и R_z

Класс чистоты поверхности	Среднее арифметическое отклонение профиля R_a в *мк*	Высота неровностей R_z в *мк*	Класс чистоты поверхности	Среднее арифметическое отклонение профиля R_a в *мк*	Высота неровностей R_z в *мк*
	Не более			Не более	
1	80	320	8	0,63	3,2
2	40	160	9	0,32	1,6
3	20	80	10	0,16	0,8
4	10	40	11	0,08	0,4
5	5	20	12	0,04	0,2
6	2,5	10	13	0,02	0,1
7	1,25	6,3	14	0,01	0,05

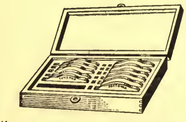
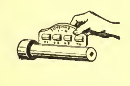
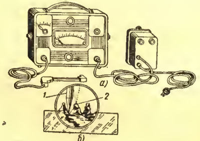
Классы чистоты поверхности 6—14 разделяются еще на более мелкие градации — разряды (табл. 61).

61. Классы чистоты поверхности

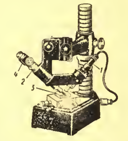
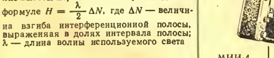
Класс чистоты поверхности	Среднее арифметическое отклонение профиля R_a в *мк*			Высота неровностей R_z в *мк*		
	Разряды					
	а	б	в	а	б	в
	Не более					
6	2,5	2,0	1,6	10	8	—
7	1,25	1,0	0,8	6,3	5,0	4,0
8	0,63	0,5	0,4	3,2	2,5	2,0
9	0,32	0,25	0,20	1,6	1,25	1,0
10	0,16	0,125	0,10	0,8	0,63	0,50
11	0,08	0,063	0,05	0,4	0,32	0,25
12	0,04	0,032	0,025	0,2	0,16	0,125
13	0,02	0,016	0,012	0,1	0,08	0,063
14	0,01	0,008	0,006	0,05	0,04	0,032

Методы и средства контроля шероховатости приведены в табл. 62. Достижимые классы чистоты и классы точности в зависимости от вида обработки и применяемого материала приведены в табл. 63.

62. Методы и средства контроля шероховатости

Метод контроля,	Средства контроля	Пределы измерения	Погрешность показаний в %
Контроль сравнением с образцами шероховатости			
 			
Метод заключается в сравнении обработанной поверхности с образцами шероховатости, которые выпускаются наборами по видам и классам обработки. Результат контроля в значительной степени зависит от субъективных особенностей контролера. Сравнение осуществляют визуально с использованием лупы или с помощью микроскопа сравнения. Последний метод наиболее точен, так как в поле зрения одновременно при большом увеличении виден и деталь и образец	Визуальное сравнение	∇1—∇7	
	Лупа с 5—10-кратным увеличением	∇1—∇9	
	МС-48 МС-59	∇5—∇13	
Контроль щуповыми приборами			
			
Метод заключается в ощупывании иглой *1* контролируемой поверхности *2*. Перемещение иглы или записывается в увеличенном масштабе на диаграмме (приборы для этих целей называются профилографами) или с определенным увеличе-	Профилометр КВ-7	∇5—∇12	10
	Профилометр ПЧ-3	∇5—∇12	10

Продолжение табл. 62

Метод контроля	Средства контроля	Пределы измерения	Погрешность показаний в %
нием передаются на показывающий прибор (в профилометрах). На эскизе показаны общий вид профилометра КВ-7 (*а*) и схема проверки (*б*). Недостатки метода заключаются в невозможности учесть впадины профиля менее радиуса закругления иглы и в наличии измерительного усилия, которое искажает профиль	Профилометр — профилограф «Калибр ВЭИ»	$\nabla 5$—$\nabla 12$ $\nabla 5$—$\nabla 14$	10 6
	Профилометр ДБ-7	$\nabla 5$—$\nabla 12$	15
Контроль оптическими средствами			
Контроль методом светового сечения осуществляется на микроскопе МИС-11. Осветитель *1* проектирует световую щель на поверхность предмета. С помощью визуального тубуса *2*, расположенного под углом 90° к осветителю, наблюдаются неровности поверхности детали, установленной на столе *3*. Измерения неровностей осуществляются окулярным микрометром *4*. Высота неровностей определяется путем умножения разности отсчетов по шкале окулярного микрометра при совмещении горизонтальной нити перекрестия с выступами и впадинами неровностей на цену деления окулярного микрометра	 МИС-11	$\nabla 3$—$\nabla 9$	5—26
Контроль интерференционным методом производится на микроинтерферометрах МИИ-4, МИИ-5, МИИ-9, МИИ-10. На эскизе представлен прибор МИИ-4. Поверхность предмета, установленного на стол *1*, рассматривается с помощью двухлучевого интерферометра *2*. Для измерения интерференционных полос служит окулярный микрометр *3*. Вычисление высоты неровностей H производят по формуле $H = \frac{\lambda}{2} \Delta N$, где ΔN — величина изгиба интерференционной полосы, выраженная в долях интервала полосы; λ — длина волны используемого света 	МИИ-4	$\nabla 10$—$\nabla 14$	7—15
	МИИ-5	$\nabla 10$—$\nabla 14$	10—30

[*1] Точность контроля шероховатости до одного класса.

63. Классы чистоты поверхности и классы точности

Методы получения чистоты поверхностей и предельно достижимые классы чистоты обрабатываемой поверхности													Классы чистоты обрабатываемых поверхностей в зависимости от применяемых матер.				Классы точности	
Виды обработни	Классы чиетоты	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Неметаллическ. матер.	Легкие сплавы	Латунь (бронза)	Сталь	Экономичные	Достижимые
													Классы чистоты					
Сверление	до Ф15												4-6	4-6	5-6	4-6	4-7	до 3
	свыше Ф15													4-5	4-5	3-4	4-7	
Зенкерование	чистовое												5-6	5-6	5-6	5-6	3-7	до 2а
Фрезерование цилиндрическое	черновое													4	4	4	5-7	
	чистовое													5-6	5-6	5-6	4-7	
	тонкое													—	—	1	3	2а
Фрезерование торцовое	черновое													4	4	4	5-7	
	чистовое													5-6	5-7	5-7	4-7	
	тонкое													7	7-9	7-8	3	2а
Строгание	черновое													4	4	4	5-7	
	чистовое													5-7	5-7	5-7	4-5	
	тонкое													7-8	7-8	7-8	3	до 2а
Наружное точение	получистовое													4-5	4-5	4-5	5-7	
	чистовое												5-6	5-7	5-7	5-7	2-5	
	тонкое (алмазн.)													8	8-9	8-9	2	до 1
Растачивание	получистовое													4	4	4	5-7	
	чистовое												4-6	5-7	5-7	5-7	2-5	
	тонкое (алмазн.)													7-8	7-9	7-8	2	до 1
Подрезание торцов	получистовое													4-5	4 5	4-5		
	чистовое												4-6	6-7	6-7	6-7		
	тонкое													8	5-9	8-9		
Шобрение	чистовое													5-7	5-7	5-7		
	тонное														8-9	8-9		
Развертывание	получистовое													5-6	5-6	5-6	3	
	чистовое													6-7	6-8	6-7	2-2а	
	тонкие													8	9-10	8-9	2	до 1
Протягивание	чистовое															6-8	2-3	
	отделочное															9-10	2	до 1
Зачистка наждачным полотном	после резца и фрезы												7		7-10		2-3	
Круглое шлифование	чистовое														6-10	6-10	3а-4	
	тонкое															11 12	2-3	до 1
Плоское шлифование	чистовое															6-8	2-3	
	тонкое															9-10	2	
Нарезание резьбы: Наружное	плашкой													6	6	6	2-3	
	резцом, гребенкой, фрезой														6-8	6-8	1-2	
	накатыванием роликами															8-9	3	
	шлифование															8-10	1-2	
Нарезание резьбы: Внутреннее	метчином													5-6	5-6	5-6	3-2	
	резцом, гребенкой, фрезой															6-8	2-3 3	

■ Экономические классы ▨ Достижимые классы

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ

Измерение нежестких деталей. Измерения с точностью до микрона легко деформирующихся деталей во избежание деформаций под действием измерительного усилия рекомендуется производить по схеме,

представленной на рис. 7. Измеряемую деталь *1* устанавливают на базовую поверхность *2*. Затем винтом *3* медленно опускают щуп индикатора *4* до контакта с деталью *1*. При незначительном усилии прижатия (порядка нескольких миллиграммов) срабатывает поляризованное реле (например, РП-7) и включается сигнальная лампочка *5*.

Указанным методом можно измерять не только размеры, но и биения элементов детали.

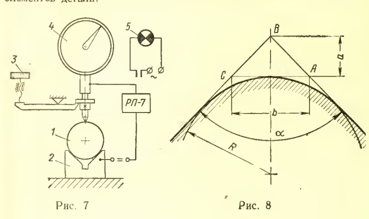


Рис. 7 Рис. 8

Измерение малых радиусов закруглений. I. Используя измерительный микроскоп, легко измерять радиусы закруглений от 0,03 до 2 *мм*. Для этого измеряют основание b или высоту a Δ ABC (рис. 8), стороны которого являются продолжением сторон профиля, а основание касательно к измеряемому радиусу. Радиус находят, решая одно из уравнений:

$$b = 2R \operatorname{tg}\left(45° - \frac{\alpha}{4}\right);$$

$$a = R\left(\operatorname{cosec}\frac{\alpha}{2} - 1\right).$$

II. В серийном производстве рациональнее применять индикаторные приспособления (рис. 9). Приспособление *а* предназначено для измерения наружных радиусов, а приспособление *б* — для внутренних. Индикатор *1* укреплен клеммовым зажимом с помощью винта *2* в призме *3*.

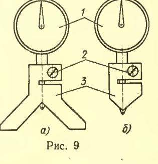


Рис. 9

Установку нулевого отсчета производят по шаблону с известным радиусом. Пользуясь вышеприведенным уравнением, находят величину a, зная которую устанавливают 0 индикатора. При дальнейших замерах индикатор будет непосредственно показывать величину a.

Измерение внутренних углов призм типа «ласточкин хвост». Наиболее рационально и легко подобные замеры осуществляются с помощью индикатора *1*, укрепленного на штативе *2*, подвижного упора *3* и аттестованных роликов *4* и *5* (рис. 10).

Вводя поочередно ролики *4* и *5*, находят разность показаний индикатора H. Допустимый разброс показаний индикатора $\delta_н$ зависит от допуска на угол α:

$$\delta_н = H - H_{ном} = \pm \frac{(D-d)}{4 \sin^2 \frac{\alpha}{2}} \delta\alpha,$$

где $\delta\alpha$ — допуск на угол α, выраженный в *рад*;

$H_{ном}$ — номинальное перемещение стержня индикатора, определяемое по формуле

$$H_{ном} = \frac{(D-d)\left(1 + \operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}\right)}{2}.$$

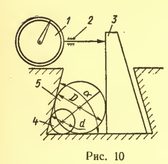


Рис. 10

Измерение зазоров. Как правило, для определения величины зазоров применяют щупы (тонкие пластины разной толщины). Точность определения величины зазора 0,01 *мм*.

Щупы изготовляют 1-го и 2-го классов точности с толщиной пластин от 0,02 до 1 *мм* и с интервалом 0,01 *мм* или больше, в зависимости от номера набора. ГОСТ 882—64 предусматривает выполнение щупов длиной 100 и 200 *мм* (табл. 64). Допуск на толщину щупа 1-го класса точности составляет 6,5—19 *мк*, 2-го класса — 10—32 *мк*, в зависимости от толщины.

64. Наборы щупов с длиной 100 *мм* (1-го и 2-го классов точности)

№ набора	Количество пластин в наборе	Толщина пластин щупов в *мм*
1	9	0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09; 0,1
2	17	0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5
3	10	0,55; 0,6; 0,65; 0,7; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 1,0
4	10	0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1

Контроль линейных величин с помощью роликов. Измерение производят с помощью аттестованных роликов диаметром d (табл. 65). Размеры M и H измеряют с помощью концевых мер, микрометром, штангенциркулем или каким-либо другим средством, в зависимости от необходимой точности измерения.

65. Контроль линейных величин с помощью роликов

Содержание	Расчетная схема	Расчетные формулы
Определение ширины паза типа «ласточкин хвост»		$L = M + d\left(1 + \operatorname{ctg}\frac{90^\circ - \alpha}{2}\right)$
Определение ширины углового выступа		$L = M - d\left(\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2} - 1\right)$
Определение координаты пересечения прямых		$L = M - \frac{d}{2}\left(\operatorname{tg}\frac{90^\circ - \alpha}{2} + 1\right)$
Определение высоты углового профиля		$L = H - M + \frac{d}{2} \times \left(\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2} + 1\right)$
Определение глубины угловой впадины		$L = H - M + \frac{d}{2} \times \left(1 + \frac{\cos(\beta - \alpha)}{\sin\frac{\alpha + \beta}{2}}\right)$

ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Средства для измерения силы тока и напряжения приведены в табл. 66. В графе «Частоты» дан диапазон частот, в котором допускается производить измерения. При измерении силы тока прибор включают в место разрыва контролируемой цепи. При измерении напряжений прибор включают параллельно с контролируемым элементом.

66. Измерение силы тока и напряжения

Марка прибора	Диапазоны измерений	Погрешность измерений	Частоты
	Измерение силы тока		
АВО-5 АВО-5М1	60 и 300 *мка*; 3; 30 и 120 *ма*; 1,2 и 12 *а*	±3%	0
	3; 30 и 120 *ма*; 1,2 и 12 *а*	±5%	45—1000 *гц*
ТТ-2	0,3; 3; 30; 300 и 750 *ма*	±2,5%	0
Ц-52	150 *мка*; 3; 15; 60 *ма*; 0,3 и 1,5 *а*	±1,5%	0
	3; 15 и 60 *ма*; 0,3 и 1,5 *а*	±2,5%	45—1000 *гц*
Ц-315	1; 2,5; 10; 25; 100 и 250 *ма* 1 и 5 *а*	±1,5%	0
		±2,5%	45—1000 *гц*
Т-13	1; 3; 5; 10; 30; 50; 100; 300 и 500 *ма*; 1 и 3 *а*	±1,5%	50 *гц*—50 *мгц*
	Измерение напряжения		
АВО-5 АВО-5М1	3; 12; 30; 300 *в* 600 и 1200 *в*	±3%	0
		±5%	45—1000 *гц*
ТТ-2	7,5; 30; 75; 150; 300; 900 *в*	±4%	0; 45—1000 *гц*
Ц-52	75 *мв*; 3; 7,5; 15; 30; 150; 300 и 600 *в*	±1,5%	0
	3; 7,5; 15; 30; 150; 300; 600 *в*	±2,5%	45—1000 *гц*
Ц-51	3; 7,5; 15; 30; 75; 150 *в* 300 и 600 *в*	±1,0%	0
		±2,5%	30 *гц*—10 *кгц*
Ц-315	2,5; 10; 25; 100; 250 *в*	±1,5%	0
	500 и 1000 *в*	±2,5%	45—1000 *гц*

Средства для измерения сопротивления, емкости и индуктивности приведены в табл. 67.

Определение удельного веса и объема. *Удельный вес* может быть определен как частное от деления веса материала на его объем.

Объем тел сложной геометрической формы можно определить с помощью мензурки. Для этого замечают уровень жидкости в мензурке до погружения тела и после погружения. Разность снятых отсчетов равна искомому объему.

Если известен вес тела, то его объем можно определить как частное от деления веса на удельный вес.

ПРАВИЛА УХОДА ЗА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ И ПОВЕРОЧНЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

При пользовании измерительными и поверочными инструментами необходимо:

содержать инструменты в чистоте;

67. Измерение сопротивления, емкости и индуктивности

Марка прибора	Диапазон измерений	Погрешность измерений
Измерение сопротивлений		
АВО-5; АВО-5М1	От 3 *ом* до 30 *мом*	±10%
ТТ-2 Ц-52 Ц-315	От 200 *ом* до 2 *мом* От 5 *ом* до 10 *мом* 5; 50; 500 *ком*; 5 *мом*	±4% ±1,5% ±2,5%
МВУ-49; МО-56	От 10 *ом* до 100 000 *ом*	±0,2%
МО-62	От 0,01 *ом* до 10^{6} *ом*	±1%
Измерение емкостей		
УМ-2	От 10 *пф* до 100 *мкф*	±3%
Е12-1 (ИИЕВ-1)	От 1 *пф* до 10 *пф* От 10 *пф* до 5000 *пф*	±5% ±0,5%
Ц-52	От 5000 *пф* до 10 *мкф*	±2,5%
Измерение индуктивностей		
УМ-2 ИДН-1	От 10 *мкгн* до 100 *гн* От 0,1 *мкгн* до 1 *гн*	±3% ±10%
Е12-1 (ИИЕВ-1)	От 0,05 *мкгн* до 1 *гн*	±2,5%

плавно производить соприкосновение измерительных поверхностей с деталью;

предохранять инструменты от резких колебаний температуры, измерение производить при нормальной температуре (20° С) без нажима на измеряемые поверхности;

не измерять вращающихся или нагретых деталей;

проверять инструменты перед началом работы;

бережно хранить и оберегать инструменты от ударов и вибраций; при длительном хранении все рабочие поверхности инструментов следует смазать бескислотной смазкой;

подвижные элементы, продольные и круглые направляющие, ползунки, опоры скольжения и т. д. регулярно умеренно смазывать; чрезмерная смазка приводит к возникновению сил сцепления, затрудняющих свободное движение этих элементов, а остатки высохшей смазки могут значительно снизить точность передачи, поэтому шарниры, рычажные устройства и т. п. никогда не рекомендуется смазывать из-за опасности осмоления;

оптику измерительных приборов не следует промывать слишком часто, мельчайшие частицы пыли на линзах не мешают нормальной работе, пыль с наружных поверхностей линз следует удалять мягкой кисточкой.

ГЛАВА 5

РАЗНЫЕ СВЕДЕНИЯ

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ (ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ)

Изделие — любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Изделия, в зависимости от их назначения, делятся на **изделия основного производства** и **вспомогательного**. К первым относятся изделия, предназначенные для поставки (реализации); ко вторым — изделия, предназначенные для собственных нужд предприятия.

Согласно ГОСТа 2.101—68 «Единая система конструкторской документации» (ЕСКД) устанавливаются следующие виды изделий: а) детали; б) сборочные единицы; в) комплексы; г) комплекты.

Изделия в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей делятся на: а) *Неспецифицированные* (детали) — не имеющие составных частей; б) *Специфицированные* (сборочные единицы, комплексы, комплекты) — состоящие из двух или более составных частей.

Деталь — это изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций, например: валик из одного куска металла; литой корпус.

Сборочная единица — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, пайкой, сваркой и т. п.).

Комплекс — два и более специфицированных изделия не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Каждое из этих специфицированных изделий, входящих в комплекс, служит для выполнения одной или нескольких основных функций, установленных для всего комплекса.

Комплект — два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера (например, комплект запасных частей прибора, комплект инструмента и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры).

Производственный процесс представляет собой совокупность действий, в результате которых исходные материалы и полуфабрикаты превращаются в готовую продукцию, соответствующую своему назначению. В производственный процесс входят не только процессы, непосредственно связанные с изменением формы и свойств обрабатываемых деталей, и сборка узлов и изделий, но и все необходимые вспомогательные процессы (подготовка производства, контроль, цеховой и внутризаводской транспорт и др.).

Технологический процесс является частью производственного процесса, связанного с непосредственным изменением состояния предмета производства.

Технологическая операция — часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте и охватывающая все действия оборудования и рабочих над одним или несколькими совместно обрабатываемыми или собираемыми предметами.

Переход — часть операции, выполняемая при обработке одного или нескольких участков поверхности детали одним и тем же инструментом или группой инструментов без изменения режима обработки.

Проход — часть перехода, заключающаяся в снятии одного слоя материала с обрабатываемой поверхности.

Основные типы производства: единичное, серийное и массовое.

Единичное — производство, при котором изготовляются единичные экземпляры изделий, разнообразные по конструкции или размерам.

Серийное — производство, при котором процесс изготовления изделий ведется партиями (сериями), регулярно повторяемыми через определенные промежутки времени.

Массовое производство характеризуется выпуском большого количества одинаковых изделий в течение длительного времени.

Качество изделия — совокупность свойств изделия, определяющих соответствие его служебному назначению. Качество каждого изделия характеризуется рядом методически правильно отработанных показателей, на каждый из которых установлена количественная величина с допуском на ее отклонение, оправдываемая экономичностью выполнения изделием его служебного назначения.

Система качественных показателей с установленными на них качественными данными и допусками получила название технических условий и норм точности на приемку готового изделия.

Точность изделия (детали) — степень приближения изделия к прототипу, созданному разработчиком машины. В широком понимании точность обработки определяется точностью параметров, характеризующих размеры, форму и другие свойства, приобретаемые деталью при обработке.

Надежность изделия — свойство обеспечивающее исправную и безотказную работу изделия на протяжении установленного срока в заданных условиях эксплуатации или в период между сроками технического обслуживания.

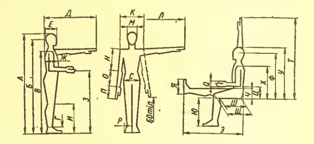
Долговечность изделия — срок службы изделия в заданных условиях эксплуатации, на протяжении которого работоспособность и надежность остаются постоянными или изменяются в допустимых технических условиями пределах.

Срок службы изделия — время от начала эксплуатации до момента технической или экономической нецелесообразности дальнейшей эксплуатации.

Гарантийный срок службы изделия — календарная продолжительность эксплуатации, в течение которой завод-изготовитель гарантирует работу его в соответствии с ТУ или ГОСТом и несет материальную ответственность за возникновение неисправности при соблюдении правил эксплуатации.

ЭРГОНОМИКА

1. Основные антрополимстрические данные населения СССР



Обозначение	Наимеяование позиции	Мужчины мин.	Мужчины сред.	Мужчины макс.	Женщины сред.
А	Рост	153	170	187	158
Б	Высота оси глаз	143	159	176	148
В	Высота плеча	124	130	154	130
Г	Высота нижнеберцовой точнн	6	7	6	6
Д	Длина вытяиутой рукн	76	86	96	79
Е	Длина головы	17	19	21	18
Ж	Глубнна груди	17	21	25	23
З	Высота лонтя	95	105	116	97
И	Высота колена	41	46	51	44
К	Ширина плеч	39	46	53	39
Л	Размах рун	159	178	198	160
М	Ширина головы	14	15	17	15
Н	Длина плеча	28,5	32,5	37	30
О	Длина предплечья	20	23,5	26,5	24
П	Длина нисти	16,5	19	21,5	17
Р	Ширина ступив	8,5	10	11,5	9
С	Ширнна бедер	28	34	39	36
Т	Высота поднятой руки над сиденьем	114	126	138	118
У	Высота тела над сяденьем	79	88	97	84
Ф	Высота оси глаз над сиденьем	69	77	86	74
Х	Высота плеча над сиденьем	50	57	64	56
Ц	Высота лонтя над сиденьем	21	23	26	23
Ч	Высота бедра над сиденьем	12	13	14	13
Ш	Длина бедра до подноленной ямки	42	47	52	44
Щ	Длина бедра до коленной чашечки	53	59	54	55
Э	Длина вытянутой ноги	90	108	115	100
Ю	Расстояние от пола до подколенной ямки	40	44	49	41
Я	Длина ступни	23	26,5	29	23
О	Шнрина нисти	7,5	9	10,5	8

2. Сила различных мышечных групп *[1] (сравнительные данные)

Мышечные группы	Сила в *кГ* для	
	мужчин	женщин
Ручная сила:		
правая рука	38,6	22,2
левая рука	36,2	20,4
Сила бицепса:		
правая рука	27,9	13,6
левая рука	26,8	13,0
Сила сгибания кисти:		
правая рука	27,9	21,7
левая рука	26,6	20,7
Сила разгибания кисти:		
правая рука	23,4	18,5
левая рука	21,8	16,7
Сила большого пальца:		
правая рука	11,9	9,0
левая рука	10,9	8,3
Становая сила	123,1	71,0

*[1] Ю. И. Уфлянд. Физиология двигательного аппарата человека. «Медицина», 1965.

3. Сила руки при выполнении движений в разных направлениях (в *кГ*) (по Б. Ф. Ломову)

Положение руки в *град**[1]	Левая рука	Правая рука	Левая рука	Правая рука
	Вытягивание (на себя)		Толкание (от себя)	
180	52,5	54,4	57,1	62,6
150	50,7	55,3	50,3	55,7
120	42,6	47,1	44,9	46,7
90	36,3	39,9	37,6	38,9
60	29	38,6	36,2	41,7
	Вытягивание (вверх)		Толкание (вниз)	
180	18,6	19,5	16	18,6
150	23,6	25,4	18,6	21,3
120	24,5	27,2	23,1	26,3
90	23,6	25,4	22,2	24
60	19,9	22,2	20,8	23,1
	Приведение (к себе)		Отведение (от себя)	
180	19,5	22,6	13,6	15,4
150	21,3	24,4	13,1	15
120	20,4	24	13,6	15,4
90	21,7	22,6	15	16,8
60	22,6	23,5	14,5	19

*[1] Положение выражено величиной угла, образованного плечом и сагиттальной осью тела (сагиттальная плоскость проходит через середину тела в передне-заднем направлении. Например 180° при толкании от себя — это положение, когда рука вытянута вперед).

4. Влияние возраста на мышечную силу мужчин [*1]
(сила выражена в $кГ$)

Возраст	Ручная сила		Сила бицепса		Сила сгибания кисти		Сила разгибания кисти		Сила большого пальца		Становая сила
	правая рука	левая рука	правая рука	левая рука	правая рука	левая рука	правая рука	левая рука	правая рука	левая рука	
До 19 лет	35,4	32,4	27,4	25,7	28,0	27,7	22,8	21,6	11,2	10,4	132,7
20—29 »	41,6	39,2	31,8	30,4	29,3	27,9	24,3	22,6	12,4	11,5	134,6
30—39 »	40,1	37,6	29,7	28,3	28,4	27,2	24,1	22,4	12,0	11,2	128,0
40—49 »	37,8	35,5	26,6	25,6	27,3	25,9	22,9	21,4	12,0	11,0	120,9
50—59 »	32,5	30,5	21,0	20,1	25,2	23,6	21,6	19,8	10,3	9,9	96
60—69 »	27,1	25,3	17,2	16,6	22,1	22,6	19,3	18,8	9,9	9,0	86

[*1] Ю. И. Уфлянд. Физиология двигательного аппарата человека. «Медицина», 1965.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

I. ПОМЕЩЕНИЯ

1. Здания и помещения цехов холодной обработки металлов, вентиляция, отопление, освещение и санитарно-бытовые помещения для рабочих этих цехов должны отвечать требованиям «Санитарных норм проектирования промышленных предприятий», а также действующим общим обязательным постановлениям и Правилам по устройству и содержанию промышленных предприятий.

II. ПРАВИЛА И НОРМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

2. Расположение оборудования в цехах холодной обработки металлов должно соответствовать нормам технологического проектирования механических и сборочных цехов машиностроительных заводов, утвержденным Главниипроектом при Госплане СССР 29 апреля 1958 г. и согласованным с Госстроем СССР.

3. При установке тяжелого и уникального оборудования, а также при многостаночном обслуживании станков, при поточном и автоматическом производствах способы размещения станков, конвейеров, бункеров (для транспортировки и хранения изделий) и расстояния между ними устанавливаются в зависимости от технологического процесса и местных условий по согласованию с технической инспекцией профсоюзов.

4. Границы проходов и проездов следует отмечать белой краской или металлическими кнопками.

5. Загромождение проходов, проездов и рабочих мест различными предметами, а также укладка заготовок, деталей и готовой продукции на этих местах запрещается. Для их хранения должны отводиться специальные места, оборудованные стеллажами, ларями, ящиками и т. п.

Проходы и проезды должны содержаться в чистоте и порядке и систематически убираться.

6. Для хранения запасов сортового металла, отливок и поковок, а также полуфабрикатов, готовых деталей и узлов, изделий, покупаемых на стороне, при цехах должны иметься соответствующие склады. Склады должны соответствовать нормам технологического проектирования механических и сборочных цехов, утвержденным Главниипроектом при Госплане СССР.

Склады должны быть оборудованы надлежащей прочности стеллажами, ящиками, ларями и т. д.

III. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К ОБОРУДОВАНИЮ

7. Оборудование (станки, прессы и т. п.) должно быть установлено на фундамент или прочное основание, тщательно выверено и надежно закреплено. Вновь установленное или вышедшее из капитального ремонта оборудование может быть пущено в работу после приемки его в установленном порядке только с разрешения начальника цеха и инженера по технике безопасности.

8. Все действующее оборудование должно находиться в полной исправности. Ограждения и защитные устройства должны быть установлены на месте и соответствующим образом закреплены.

Работа на неисправном оборудовании, при отсутствии или неисправности ограждений, запрещается.

9. При уходе рабочего от станка, последний должен быть отключен, а инструмент отведен от обрабатываемой детали.

10. Ремонт и смазка станков во время работы запрещается.

При централизованной системе смазки наполнение масленки (лубрикатора) маслом допускается и во время работы оборудования.

11. Станки, работающие с масляным, керосиновым и т. п. охлаждением при наличии обильного выделения паров, должны оборудоваться вытяжной вентиляцией.

а. Приводы, передачи и органы управления

12. Все станки должны иметь индивидуальный привод. При необходимости пользования трансмиссионными передачами они должны отвечать требованиям правил безопасности по устройству и эксплуатации трансмиссий.

13. На станках, имеющих отдельные приводы для главного движения и движения подачи, двигатели должны быть электрически сблокированы для выключения привода подачи при внезапной остановке привода главного движения.

14. Кнопки электрических пусковых устройств должны быть защищены от попадания металлической пыли и масла на контакты и быть утоплены в корпус пусковой коробки на 3—5 *мм* или снабжены предохранительными устройствами, исключающими возможность случайного включения станка.

Применение рубильников открытого типа или с кожухами, имеющими щели для рукоятки, запрещается.

Металлические кожухи пусковых устройств должны быть заземлены.

15. Кнопки останова должны быть красного цвета, иметь надпись «Стоп» и выступать над панелью на 3 *мм*.

16. Органы управления станком должны быть расположены и устроены таким образом, чтобы рабочий в любой момент мог легко и быстро пользоваться ими. Рычаги и кнопки управления должны находиться в пределах рабочего места.

17. У станков с большим фронтом обслуживания должна быть предусмотрена возможность выключения станка из нескольких точек обслуживания.

18. Рычаги управления, обслуживающие несовместимые друг с другом движения, должны снабжаться устройствами, исключающими возможность их одновременного включения.

19. Расположение и конструкция рычагов управления должны исключать возможность случайного переключения их во время работы, при наладке станка и т. п. Для этого все органы управления станком (рычаги, рукоятки и т. п.) должны быть снабжены надежными фиксаторами и ясными надписями, обозначающими их назначение.

20. Органы ручного управления станков, находящиеся на движущихся частях, как-то: маховички, рукоятки и т. п., должны иметь самовыключающиеся устройства.

21. Механические движущиеся части станка должны иметь специальные ограничители, обеспечивающие автоматическое выключение этих частей в нужном положении.

22. Все рукоятки должны быть расположены так, чтобы при перемещении из руки рабочего они не ударялись о соседнюю рукоятку и чтобы нельзя было случайным движением ноги или локтя привести их в движение.

б. Тормозные устройства

23. Мощные и быстроходные станки должны быть снабжены надежными механизмами, обеспечивающими быстрый останов вращающегося изделия или инструмента.

24. Тормозные устройства станков, на которых установка и съем обрабатываемых тяжелых деталей могут производиться лишь в определенном положении, должны обеспечить останов движущихся частей станка в этом положении.

в. Приспособления и подъемные устройства

25. Все применяемые на станках приспособления для закрепления обрабатываемых деталей должны обеспечивать надежное крепление деталей.

Электромагнитные патроны и столы (плиты) должны иметь ограждение и блокирующие приспособления для быстрого выключения станка при перерыве подачи тока в электромагнитный патрон или электромагнитную плиту. В случае применения пневматических, гидравлических и электрических устройств для зажима деталей в приспособлении должны предусматриваться блокирующие устройства, исключающие вылет обрабатываемых деталей при перерывах в питании воздухом, жидкой средой или электрическим током.

Расположение органов управления пневматическими приспособлениями должно исключать возможность случайного включения или выключения их.

В приспособлениях с механическим креплением усилие, прилагаемое к рукояткам зажима, не должно быть направлено в сторону инструмента.

В приспособлениях, применяемых при непрерывной обработке (когда изделие устанавливается в приспособление во время работы станка), зажимные части должны быть расположены в безопасной зоне от инструмента.

26. Конструкция приспособлений, в которых установка, снятие и крепление деталей производятся рабочим вручную, должна обеспечивать полную безопасность при выполнении указанных операций.

27. Конструкция приспособлений не должна мешать свободному выходу стружки и удобному удалению ее со станка.

28. При обработке мелких деталей, установка которых в рабочую зону угрожает безопасности рабочего в связи с соприкосновением его рук с вращающимся инструментом и утомляемостью рабочего, должны применяться механические устройства (бункеры, «механические руки» и т. п.).

При обработке деталей на станках непрерывного действия (карусельно-фрезерных, многошпиндельных токарных полуавтоматах и т. п.) должна быть обеспечена безопасность для рабочего, удобная установка, быстрый и надежный зажим заготовки, подлежащей обработке.

Время цикла работы этих станков должно быть достаточным, чтобы обеспечить безопасность рабочего при установке и снятии детали.

29. Станки, во время работы которых требуется, согласно технологическому процессу, проверять качество обрабатываемой детали, должны быть оборудованы автоматически действующими контрольными приспособлениями.

Контроль изделия вручную во время работы станка без соответствующих приспособлений запрещается.

30. Установка и снятие деталей, приспособлений и инструмента весом более 16 *кг* со станков, прессов и транспортных устройств должны производиться с помощью подъемных механизмов (кранов, тележек с подъемными платформами, передвижных роликовых столов и т. п.).

Подача деталей и приспособлений на станок должна производиться со стороны, удобной для рабочего.

31. Подъемные устройства должны быть оснащены приспособлениями, обеспечивающими надежное удержание предмета, а также удобный и безопасный подъем и установку его на станок.

32. К управлению подъемными и транспортными устройствами и к выполнению стропальных работ допускаются лица, прошедшие соответствующее обучение, сдавшие испытания и получившие удостоверения на право управления этими устройствами и производства стропальных работ.

33. Вспомогательные приспособления для подъемных устройств, предназначенные для обслуживания отдельных рабочих мест и станков, должны храниться, испытываться и применяться для зачаливания в соответствии с установленными для этих приспособлений правилами.

34. Подъем и перемещение тяжестей вручную допускается при условии обязательного соблюдения установленных предельных норм подъема и перемещения тяжестей.

Перемещение значительных тяжестей должно осуществляться непосредственно под надзором лиц административного персонала или опытных руководителей работ, специально назначенных для этой цели.

г. Оградительные и защитные устройства

35. Электрическая аппаратура и соединительные токоведущие устройства должны быть надежно изолированы и укрыты в корпусе станка или в специальные закрытые со всех сторон шкафы, кожухи и т. п. При этом должны быть приняты меры к тому, чтобы дверцы шкафов и кожухи, закрывающие доступ к токоведущим частям, были сблокированы с ними и чтобы при открывании их электрический ток автоматически выключался.

36. Наружная электропроводка станков должна быть хорошо защищена от механического и химического воздействия в целях недопущения повреждения или увлажнения ее изоляции.

Наружные клеммы и закрепляемые ими концы проводов должны быть закрыты коробками.

37. Станины электрифицированных станков, корпусы электромоторов, металлические части, закрывающие электроаппаратуру, должны иметь защитное заземление, удовлетворяющее требованиям действующих Правил устройства электроустановок.

38. Все открытые вращающиеся части станков и механизмов должны быть закрыты глухими кожухами, плотно прикрепленными к станине или другой неподвижной части станка. Кожухи на сменных зубчатых и ременных передачах должны быть откидными с принудительным закрыванием.

39. Если длина выступающего конца вала или винта изменяется в больших пределах, то конец вала или винта должен быть огражден телескопическим ограждением.

40. У станков, оборудованных контргрузами (копировальные, продольно-строгальные, вертикально-фрезерные, карусельные, расточные), контргрузы должны быть помещены внутри станка или заключены в прочно укрепленные трубы, либо опущены в пол с таким расчетом, чтобы движение их происходило ниже поверхности пола.

41. Станки, пилы, ножницы и т. п. должны быть снабжены специальными устройствами, надежно защищающими работающего и окружающих людей от стружки, искр, осколков поломанного инструмента и от брызг охлаждающей жидкости. Эти устройства укрепляются на столе станка, суппорта и других частях оборудования.

Применение съемных защитных устройств допускается только в том случае, когда по конструктивным причинам не представляется возможным установить постоянные.

42. Защитные устройства должны быть удобны в эксплуатации. Съемные приспособления должны легко сниматься и надежно устанавливаться на место; постоянные приспособления должны иметь надежно закрывающиеся дверцы или крышки.

43. Защитные устройства должны быть надежны и безопасны. Если по условиям работы требуется наблюдение за процессом обработки, то в защитных устройствах должны быть сделаны смотровые окна. Материал смотрового окна должен быть прочен, устойчив при высоких температурах и износоустойчив против действия на него отлетающей металлической стружки, частиц абразивного инструмента и т. п.

44. Рабочим, работающим на станках, которые конструктивно не могут быть обеспечены защитными устройствами, администрация должна выдавать защитные очки и следить за применением их во время

работы. Рабочие с пониженным зрением должны быть снабжены корригирующими очками за счет предприятия.

45. Станки, на которых обрабатываются материалы, образующие пыль (чугун, бронза и т. п.), должны оборудоваться устройствами для удаления этой пыли в процессе работы.

46. При поточном и автоматическом производстве в устройствах для передачи материалов и изделий по потоку (конвейеры, рольганги и т. п.) должны быть предусмотрены специальные ограждения, не допускающие падения транспортируемых материалов или изделий.

47. Специальная одежда, специальная обувь и индивидуальные средства защиты, выдаваемые по утвержденным нормам, должны своевременно ремонтироваться, регулярно стираться, сушиться и обезвреживаться.

СВЕДЕНИЯ ПО ТРУДОВОМУ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВУ

«Труд в СССР является обязанностью и делом чести каждого способного к труду гражданина по принципу: «кто не работает, тот не ест». В СССР осуществляется принцип социализма «от каждого — по его способностям, каждому — по его труду» (статья 12 Конституции СССР). Это значит, что труд при социализме является высшим критерием оценки работы каждого члена социалистического общества, каждый получает количество предметов потребления в соответствии с количеством и качеством затраченного им труда.

«Граждане СССР имеют право на труд, т. е. право на получение гарантированной работы с оплатой их труда в соответствии с его количеством и качеством.

Право на труд обеспечивается социалистической организацией народного хозяйства, неуклонным ростом производительных сил советского общества, устранением возможности хозяйственных кризисов и ликвидацией безработицы» (статья 118 Конституции СССР).

Производительность труда. Неуклонное повышение производительности труда является решающим условием развития социалистического производства». «*Производительность труда,* — указывал В. И. Ленин, *это, в последнем счете, самое важное, самое главное, для победы нового общественного строя. Капитализм создал производительность труда, невиданную при крепостничестве. Капитализм может быть окончательно побежден и будет окончательно побежден, тем, что социализм создает новую гораздо более высокую производительность труда*»*[1].

Рост производительности труда выражается в увеличении выпуска продукции при тех же затратах труда или в уменьшении их на производство единицы продукции. Более эффективное использование труда является объективной необходимостью социалистической системы хозяйства. Экономия труда, сокращение его затрат на производство единицы продукции создают возможность для дополнительного производства материальных благ.

Основные показатели производительности труда. Основными показателями являются среднегодовая выработка продукции на одного работающего и трудоемкость изделия. Показатели выработки на одного работающего характеризуются затратами труда и результатами труда.

*[1] В. И. Ленин. Соч., т. 29, стр. 394.

Затраты труда измеряются количеством времени, затрачиваемого на изготовление единицы продукции, и определяются в часах, днях и месяцах. Единицей измерения труда является человеко-час, т. е. работа на протяжении часа. Соответственно и учет труда производится в человеко-часах, человеко-днях, человеко-сменах.

Результаты труда измеряются количеством вырабатываемой продукции и выражаются в метрах, тоннах, штуках и других показателях.

Путем сопоставления затрат труда и результата труда устанавливается выработка рабочего. Она определяется делением объема произведенной продукции на затраченное время.

Трудоемкость — это показатель, характеризующий количество требуемого или затраченного труда на изготовление единицы продукции. Трудоемкость измеряется в единицах времени, в человеко-часах или нормо-часах.

В практике планирования и при анализе различают несколько значений трудоемкости — нормативную, плановую и фактическую.

Нормативная трудоемкость равна сумме затрат рабочего времени, необходимого для изготовления изделия по установленным нормам времени. Обычно на каждый новый год устанавливается новая трудоемкость, более низкая, чем в прошлом году. Пересмотр норм времени производится систематически по мере внедрения технических и организационных мероприятий, способствующих сокращению затрат труда.

Плановая трудоемкость характеризует плановые затраты труда на изготовление изделия. Плановая трудоемкость может не совпадать с нормативной при составлении плана на данный месяц или квартал, если не осуществлены намеченные организационно-технические мероприятия. В среднем за год плановая трудоемкость должна соответствовать нормативной или быть ниже ее, чтобы обеспечить выполнение заданий по росту производительности труда.

Фактическая трудоемкость равна сумме затрат труда на изготовление изделия. Сопоставление фактической трудоемкости с плановой и нормативной характеризует выполнение заданий по снижению трудоемкости.

Прием на работу, перевод на другую работу, увольнение. При длительном характере работ окончательному приему рабочих на работу предшествует испытание в течение не более шести дней.

При сдаче испытания рабочий должен:

уметь выполнять обязанности и работу того разряда, на который он держит испытание;

выполнять заданную норму выработки без брака;

знать минимум теоретических сведений, предусмотренных действующим на заводе тарифно-квалификационным справочником для того разряда, на который он держит испытание.

При сдаче рабочим испытания мастер обязан обеспечить его рабочее место заготовками, инструментами и приспособлениями.

Оплата за время испытания производится по действующим расценкам выполняемой работы, но не ниже тарифной ставки того разряда, к которому он был отнесен при приеме его на испытание (КЗоТ, ст. 38, 39).

В случаях производственной необходимости администрация государственных, кооперативных и общественных учреждений, предприятий и хозяйств в праве переводить работников на срок до одного месяца на

другую работу в том же или другом учреждении, предприятии или хозяйстве в той же местности.

Если работа, на которую переведен работник, оплачивается ниже прежней работы, за переведенным сохраняется его средний заработок по прежней работе.

Отказ без уважительных причин от такого перевода считается нарушением трудовой дисциплины.

Если работник переводится на нижеоплачиваемую работу, за ним сохраняется его прежний заработок в течение двух недель со дня перевода.

За рабочими и служащими сохраняется средний заработок во время осуществления ими своего избирательного права в тех случаях, когда осуществление этого права в рабочее время санкционировано соответствующим государственным органом.

За рабочими и служащими, вызываемыми в суд в качестве свидетелей, экспертов или заседателей, а также за рабочими и служащими, вызываемыми в качестве свидетелей в органы примирительнотретейского разбирательства, сохраняется средний заработок за все время выполнения ими возлагаемых на них обязанностей.

За рабочими и служащими, избираемыми на съезды, конференции и собрания, созываемые государственными органами, профсоюзными организациями и единой потребительской кооперацией, сохраняется средний заработок за время осуществления ими своих обязанностей, поскольку они выполняются в рабочее время.

Рабочим и служащим, командируемым по делам службы, гарантируется на все время командировки сохранение места и среднего заработка; кроме того, выплачиваются суточные и компенсируются расходы, связанные с командировкой, в порядке и размерах, устанавливаемых особыми законами.

В случаях производственной необходимости мастер имеет право перевести рабочего на другую работу на срок до одного месяца с сохранением его среднего заработка по прежней работе (КЗоТ, ст. 37).

Перевод с одного станка на другой или с одного рабочего места на другое при сохранении рабочим той же квалификации и профессии не считается переводом на другую работу.

За нарушение трудовой дисциплины, систематический брак или систематическое невыполнение норм (в нормальных условиях работы по вине рабочего) мастер имеет право переводить рабочего на нижеоплачиваемую работу.

При наличии пониженной трудоспособности, мешающей рабочему выполнять надлежащим образом свою обычную работу, а также в случае частого невыхода рабочего на работу, вызванного тем или иным хроническим заболеванием, установленным медицинским заключением, мастеру предоставляется право перевода его на другую работу.

Беременную женщину, нуждающуюся в переводе на более легкую работу, мастер обязан перевести на такую работу с сохранением за ней прежней заработной платы из расчета последних 6 месяцев работы.

Рабочий или служащий имеет право уволиться по своему усмотрению, но обязан предупредить администрацию за две недели до увольнения (КЗоТ, ст. № 46). Для временных и сезонных рабочих установлены другие сроки предупреждения об увольнении (см. комментарии к КЗоТ, § 11).

Порядок повышения разряда. Повышение рабочего в разряде может быть произведено после сдачи им испытания (пробы) согласно тарифно-квалификационному справочнику, действующему на заводе.

В случае невыполнения условий тарифно-квалификационного справочника повторная сдача проб производится не ранее чем через три месяца после первой.

Перевод в высший разряд может быть произведен только при наличии потребности участка (цеха) в рабочих данной квалификации (разряда).

5. Часовые тарифные ставки для рабочих машиностроительной и металлообрабатывающей промышленностей в коп.

Условия труда		Группа предприятий	Разряды					
			1	2	3	4	5	6
Работа с особо тяжелыми условиями труда	Повременщики	I	38,7	41,5	47,3	54,3	63,1	73,4
		II	38,7	39,5	45,1	51,8	60,2	70,0
	Сдельщики	I	41,5	44,1	50,3	57,7	67,1	78,0
		II	41,5	42,7	48,8	55,9	65,0	75,6
Горячие работы и работы с вредными условиями труда	Повременщики	I	35,8	37,8	41,3	47,4	55,0	64,0
		II	35,8	37,2	39,3	45,1	52,2	61,0
	Сдельщики	I	38,7	41,5	47,3	54,3	63,1	73,4
		II	38,7	39,5	45,1	51,8	60,2	70,0
Холодные работы	Повременщики	I	34,4	36,7	37,8	40,7	47,3	55,0
		II	34,4	35,8	37,2	38,9	45,2	52,6
	Сдельщики	I	35,8	37,8	41,3	47,4	55,0	64,0
		II	35,8	37,2	39,9	45,1	52,5	61,0

Оплата простоев. За время простоя, происшедшего по вине рабочего, зарплата не выплачивается.

За время простоя, происшедшего не по вине рабочего, зарплата выплачивается в размере половины тарифной ставки повременной оплаты труда работников соответствующей квалификации.

В этом порядке производится и оплата простоев, происшедших по причинам отсутствия электроэнергии, сырья и т. п.

На период освоения новых производств простой не по вине работника оплачивается как на новых предприятиях, так и на действующих из расчета тарифной ставки повременщика соответствующего разряда.

Срок освоения новых производств в пределах 3 месяцев на каждом предприятии устанавливается по согласованию с профсоюзом.

О начале простоя рабочий обязан немедленно сообщить администрации. Рабочий обязан также своевременно предупредить администрацию о всех причинах, могущих вызвать простой. В противном случае простой не оплачивается.

Оплата за время простоя производится в том случае, если рабочий не переведен на другую работу.

Если же рабочий переведен на другую работу, оплата производится в следующем порядке:

при переводе вследствие простоя на другую работу низшего разряда квалифицированных рабочих, тарифицируемых, начиная с 3-го разряда и выше, оплата производится по среднему заработку на прежней работе, при условии выполнения норм той работы, на которую временно переведен рабочий. При невыполнении этих норм, а также при переводе на повременную работу за рабочим сохраняется тарифная ставка повременщика его разряда по прежней работе;

при переводе на другую работу низшего разряда рабочих, тарифицируемых ниже 3-го разряда, а также при переводе рабочих всех разрядов на другую работу высшего разряда оплата производится по существующим расценкам выполняемой работы.

Оплата и удержание за брак. Полный брак, происшедший по вине рабочего, оплате не подлежит. За испорченный материал и стоимость рабочей силы на предыдущих операциях с рабочего по распоряжению администрации производится удержание из его зарплаты в размере причиненного ущерба. Размер удержаний не должен превышать двух третей среднемесячного заработка рабочего. При каждой выплате удержание не может превышать 25% всех причитающихся работнику сумм. Если из заработной платы работника производятся также и другие удержания, то общий размер всех удержаний не может превышать 50% всех причитающихся сумм.

При частичном браке по вине рабочего (если продукция по своему качеству не удовлетворяет установленным требованиям) оплата производится в пониженном размере. При этом процент годности продукции и размер оплаты (не более 50% тарифной ставки) устанавливаются администрацией.

Исправление брака может быть произведено самим рабочим без особой доплаты. После исправления оплата производится по нормальным расценкам.

Полный брак по вине рабочего оплачивается в размере двух третей тарифной ставки повременной оплаты данного рабочего. Частичный брак не по вине рабочего оплачивается по пониженным расценкам в зависимости от степени годности продукции, причем оплата не может быть ниже двух третей тарифной ставки повременной оплаты данного рабочего.

Брак изделий, происшедший вследствие дефекта в обрабатываемом металле (несоответствие качества материала, раковина или трещина в металле) и обнаруженный после затраты на обработку или сборку деталей не менее одного рабочего дня, оплачивается по нормальным расценкам.

Брак по вине рабочего, обнаруженный после того, как данная операция принята ОТК, оплачивается наравне с годной продукцией.

Премирование рабочих. Мастер и начальник участка имеют право премировать рабочих за высокие производственные показатели, образцовую работу и успешное выполнение заданий за счет средств премиального фонда, выделяемого ежемесячно в распоряжение мастера в размере до 3% от фонда заработной платы по участку. Расходование премиального фонда можно производить при отсутствии перерасхода и в пределах установленного для участка фонда заработной платы.

Средства премиального фонда, не израсходованные в данном месяце, могут быть использованы в течение последующих трех месяцев

Оплата ночных работ. Установленная КЗоТ, ст. 94 и 95 продолжительность рабочего времени в ночное время сокращается на один час.

В этих случаях при повременной оплате каждый час ночной работы оплачивается:

при восьмичасовом рабочем дне — как восемь седьмых дневного часа;

при семичасовом — как семь шестых дневного часа;

при шестичасовом — как шесть пятых дневного часа.

При сдельной оплате рабочему сверх сдельного заработка за каждый час ночной работы соответственно доплачивается одна седьмая, одна шестая или одна пятая почасовой ставки того разряда, к которому отнесен данный рабочий. Ночным считается время с десяти вечера до шести часов утра (КЗоТ, ст. 96).

Сверхурочные работы. Работа сверх нормального рабочего времени (сверхурочная работа), как общее правило, не допускается.

Сверхурочная работа допускается лишь в исключительных случаях при наличии разрешения инспекции труда.

Без разрешения инспекции труда сверхурочные работы могут производиться только в следующих случаях:

при аварии (внезапная поломка, порча, неустранение которой может повлечь остановку производства либо простой рабочих);

при невозможности замены невышедшего на работу, если отсутствие работника может вызвать простои станков или рабочих.

Все сверхурочные работы производятся с последующим обязательным утверждением инспекцией труда (КЗоТ, ст. 104).

К сверхурочным работам не допускаются:

рабочие, не достигшие 18 лет;

беременные женщины, начиная с 4 месяцев беременности, и женщины, кормящие грудью (КЗоТ, ст. 106 и 131);

учащиеся школ рабочей молодежи в дни занятий.

Компенсирование сверхурочных работ допускается только в денежной форме.

Компенсирование сверхурочных работ отгулом не допускается (КЗоТ, ст. 60).

Вознаграждение за сверхурочную работу производится в следующих размерах.

При повременной системе оплаты труда рабочий за каждые первые два часа сверхурочной работы получает полуторную часовую тарифную ставку, а за каждый последующий час сверхурочной работы — двойную часовую тарифную ставку своего разряда.

При сдельной системе оплаты труда рабочий, помимо сдельного заработка, причитающегося ему за работу в сверхурочное время, получает доплату за каждые первые два часа сверхурочной работы по 50%, а за каждый последующий час сверхурочной работы — по 100% повременной часовой тарифной ставки присвоенного ему разряда.

В случае работы в установленный для работника день еженедельного отдыха ему должен быть предоставлен день отдыха в течение ближайших двух недель.

Замена дня еженедельного отдыха денежной компенсацией, как правило, не допускается.

Работа, выполняемая рабочим и служащим в ежегодные праздничные дни (1 января, 8 марта, 1—2 мая, 9-го мая, 7—8 ноября, 5 декабря),

оплачивается в двойном размере; при сдельной системе оплаты — по двойным сдельным расценкам; при повременной системе — по удвоенным тарифным ставкам (окладам).

С согласия работника, денежная компенсация может быть заменена предоставлением другого выходного дня.

Порядок, назначение и выплата пособий. «Граждане СССР имеют право на материальное обеспечение в старости, а также — в случае болезни и потери трудоспособности.

Это право обеспечивается широким развитием социального страхования рабочих и служащих за счет государства, бесплатной медицинской помощью трудящимся, предоставлением в пользование трудящимся широкой сети курортов» (статья 120 Конституции СССР).

«Женщине в СССР предоставляются равные права с мужчиной во всех областях хозяйственной, государственной, культурной и общественно-политической жизни.

Возможность осуществления этих прав женщин обеспечивается предоставлением женщине равного с мужчиной права на труд, оплату труда, отдых, социальное страхование и образование, государственной охраной интересов матери и ребенка, предоставлением женщине при беременности отпусков с сохранением содержания, широкой сетью родильных домов, детских садов и яслей» (статья 122 Конституции СССР).

В соответствии со статьями 120 и 122 Конституции СССР выдаются следующие пособия по государственному социальному страхованию:

Пособие по временной нетрудоспособности: выдается в следующих случаях:

при болезни, связанной с потерей трудоспособности;

при санаторно-курортном лечении;

при болезни члена семьи в случае необходимости ухода за заболевшим;

при карантине;

при временном переводе на другую работу в связи с заболеванием туберкулезом или профессиональным заболеванием;

при протезировании с помещением в стационар.

Освобождать от работы во всех случаях временной нетрудоспособности могут только врачи.

Пособие выдается независимо от продолжительности работы до наступления нетрудоспособности. На пособие не имеют права в течение шести месяцев рабочие и служащие, уволенные за нарушение трудовой дисциплины и за совершенные преступления.

Рабочим и служащим, заболевшим во время пребывания в очередном или дополнительном отпуске, пособие выплачивается за все дни болезни во время отпуска, удостоверенные больничным листком. Очередной или дополнительный отпуск подлежит продлению (или перенесению на другой срок) на число дней нетрудоспособности во время отпуска, удостоверенных больничным листком.

При временной нетрудоспособности вследствие болезни пособие выдается, начиная с 1-го дня болезни. Если нетрудоспособность наступила вследствие бытовой травмы, пособие выдается начиная с 6-го дня нетрудоспособности.

Размеры пособия. В случае трудового увечья или профессионального заболевания пособие выдается в размере 100% заработка, независимо от непрерывного стажа работы.

В других случаях пособие выдается в зависимости от непрерывного стажа работы на одном и том же предприятии в следующих размерах:

до 3 лет		50% заработка;
от 3 до 5 »		60% »
» 5 » 8 »		80% »
8 лет или более		100% »

Для рабочих и служащих, не достигших 18-летнего возраста, пособие выплачивается в размере 60% заработка.

Инвалиды отечественной войны получают пособие в размере 100% независимо от стажа работы.

Отпуска и пособия по беременности и родам. Предоставляется отпуск на 56 календарных дней до родов и 56 календарных дней после родов. В случае ненормальных родов или рождения двух детей и более размер отпуска после родов увеличивается до 70 дней.

Пособие членам профсоюза выдается в следующих размерах.

1. В размере полного заработка за весь период отпуска:

имеющим общий стаж работы не менее трех лет, в том числе не менее двух лет непрерывной работы на одном предприятии;

не достигшим 18 лет, проработавшим на данном предприятии не менее 1 года;

имеющим орден;

женщинам-новаторам или передовикам производства при наличии общего стажа работы не менее 1 года.

2. В размере 3/4 заработка за первые 20 календарных дней отпуска, а за остальное время отпуска — в размере полного заработка:

проработавшим на данном предприятии не менее двух лет, но не имеющим общего 3-летнего стажа работы;

не достигшим 18 лет, не имеющим годичного стажа работы.

3. В размере 2/3 заработка за первые 20 календарных дней отпуска, а за остальное время отпуска — в размере полного заработка проработавшим на данном предприятии от 1 до 2 лет.

4. В размере 2/3 заработка за все время отпуска проработавшим на данном предприятии менее 1 года.

Пособие не состоящим членами профсоюза в размере 2/3 заработка.

Очередные и дополнительные отпуска. В соответствии со статьей 119 Конституции СССР каждый гражданин имеет право на отдых, в соответствии с чем ему предоставляется отпуск.

Отпуск предоставляется за каждый рабочий год. Вновь поступающим — по истечении 11 месяцев работы на данном заводе. Время, порядок и очередность пользования отпусками устанавливаются по соглашению между администрацией цеха и цеховым комитетом профессионального союза. Отпуск может быть предоставлен в течение всего года. Продолжительность отпуска исчисляется в размере 12, 18 и 24 рабочих дней, в зависимости от вредности и занимаемой должности.

За непрерывную работу на одном заводе более 2 лет производственный рабочий пользуется дополнительным отпуском в размере 3 дней. Эти три дня начинают причислять с 3-го отпуска.

При подсчете среднего заработка для оплаты отпуска учитываются все виды заработной платы, а также пособия по временной нетрудоспособности, выплаченные в порядке государственного социального страхования. В расчет не включаются выплаты, произведенные из средств,

не входящих в фонд заработной платы, а также выплаты вне действующих систем премирования и за случайные работы.

В частности, в состав учитываемого заработка включаются:

производственные премии (за экономию топлива, сырья, материалов за снижение себестоимости и т. п.);

премии за выполнение годового плана;

доплаты за сверхурочные работы и за работу в ночное время;

заработная плата за время использованного отпуска;

оплата за время простоя;

оплата за время выполнения государственных и общественных обязанностей.

При подсчете среднего заработка не учитываются:

выплаты из фонда директора;

выплаты за случайные работы, не входящие в круг обязанностей работника;

премии, выплачиваемые работникам по результатам всесоюзного социалистического соревнования.

Подсчет оплаты за отпуск производится следующим образом: годовой заработок за 12 календарных месяцев, предшествующих тому месяцу, в котором работник уходит в отпуск, делится на 12. Полученный средний месячный заработок делится на 25,6. Полученный средний дневной заработок умножается на число рабочих дней отпуска.

Если после ухода работника в отпуск ему была начислена и выплачена сумма производственной премии, причитающейся за время, учтенное при исчислении среднего заработка, то предприятие обязано сделать перерасчет выплаченных работнику отпускных сумм, включив при перерасчете в годовой заработок работника сумму начисленной производственной премии.

ОФОРМЛЕНИЕ РАЦИОНАЛИЗАТОРСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ И ИЗОБРЕТЕНИЙ

Рационализаторскими предложениями считаются предложения по усовершенствованию применяемой техники (машин, приборов, инструментов, приспособлений, аппаратов, агрегатов и т. д.), усовершенствованию применяемой продукции, технологии производства, способов контроля, наблюдений, исследований, техники безопасности и охраны труда или предложения, позволяющие повысить производительность труда, более эффективно использовать энергию, оборудование, материалы.

Рационализаторские предложения подаются в форме заявления с кратким содержанием сущности предложения, с приложением в необходимых случаях чертежей, схем, эскизов.

Рационализаторские предложения должны рассматриваться на предприятиях в 15-дневный срок.

В указанный срок автору должно быть сообщено о результатах рассмотрения предложений, а в случае его отклонения,— сообщены мотивы отклонения.

Решение о внедрении или отклонении рационализаторского предложения принимается руководителем предприятия.

Изобретением признается отличающееся существенной новизной решение технической задачи в любой области народного хозяйства, культуры, здравоохранения или обороны страны, дающее положитель-

ный эффект, а не постановка задачи или выражение идеи без конкретного средства ее осуществления.

Для правильной оценки изобретения по материалам заявки и для возможности широкого использования изобретения, оно должно быть в заявке описано настолько полно, точно и ясно, чтобы сведущие специалисты могли осуществить изобретение. Заявитель в описании должен показать не только замысел или руководящую идею изобретения, но и дать конкретное решение технической задачи.

Каждая заявка должна относиться только к одному изобретению, т. е. только к одному решению технической задачи, поэтому заявка должна быть подана либо на устройство, либо на способ, либо на вещество.

Не следует подавать одну заявку, например на какое-либо устройство и на вариант (видоизменение) этого устройства, поскольку вариант, при наличии в нем существенной новизны и полезности, сам по себе представляет самостоятельное или дополнительное изобретение. Если же не только устройство в целом, но также и его отдельные части (элементы) могут представить сами по себе самостоятельные изобретения, то такие части, помимо оформления заявки на все устройство в целом, должны быть оформлены самостоятельными заявками.

Заявка на изобретение должна состоять из заявления, описания, а также чертежей (если они необходимы). Описания и чертежи представляются в трех экземплярах. Заявление желательно представлять также в трех экземплярах. Заявки на изобретения могут относиться к способам (например, способы изготовления изделия, получения вещества, способы лечения и т. д.), к устройствам (например, машины, приборы, изделия, электрические схемы и т. п.) и веществам (сплавы, смеси, растворы и т. п.), а также к применению ранее известных устройств, способов и веществ по новому назначению в других областях техники, если такое применение дает положительный эффект.

Следует иметь в виду, что не выдаются авторские свидетельства и патенты на предложения:

противоречащие принципам гуманности, социалистической морали и общественным интересам;

противоречащие законам природы — например, на «вечные двигатели»;

содержащие собственно научные открытия, научные принципы, основные положения науки, но не решающие какой-либо конкретной технической задачи;

относящиеся к методам и системам планирования (в том числе и к построению сетевых графиков), снабжения и организаций хозяйства (производства) учета, кредита, бухгалтерии и т. п.;

сводящиеся к выбору абсолютных геометрических размеров изделий и сооружений; относящиеся к построению шкал, графиков, номограмм, а также к условным обозначениям (например, дорожные знаки, маршруты и т. п.), расписаниям, правилам (например, правила игры, правила уличного движения и т. п.), расчетам и расчетным формулам, к разработкам кодов; логическим схемам, поддающимся синтезу по установленным правилам (математическим зависимостям);

относящиеся к методам и системам воспитания, преподавания, обучения, математических вычислений, построений и преобразований, а также к способам программирования, к грамматическим системам языка, к методам дрессировки животных и пр.

относящиеся к планировке зданий, улиц и площадей, парков и скверов, поселков, городов, сельскохозяйственных угодий и т. п.;

касающиеся только внешнего вида изделий, дающие только лишь удовлетворение эстетических чувств, например относящиеся к расцветке и узорам, в отличие от того, когда узор приобретает техническое значение подобно узору протектора на шинах, на который может быть подана заявка на изобретение, так как новый узор протектора может дать положительный эффект — лучшее сцепление шины с почвой.

Вознаграждение автору изобретения или рационализаторского предложения определяется в зависимости от суммы годовой экономии, получаемой от внедрения предложения, и выплачивается в размерах, указанных в табл. 6.

6. Размеры вознаграждений за изобретения и рационализаторские предложения

Сумма годовой экономии (в руб.)	Вознаграждение за изобретения	Вознаграждение за рационализаторские предложения
До 100	25% экономии, но не менее 20 руб.	13,75% экономии, но не менее 10 руб.
От 100 до 500	15% + 10 руб.	7% + 10 »
» 500 » 1 000	12% + 25 »	5% + 20 »
» 1 000 » 5 000	10% + 45 »	2,75% + 45 »
» 5 000 » 10 000	6% + 250 »	2% + 85 »
» 10 000 » 25 000	5% + 350 »	1,75% + 110 »
» 25 000 » 50 000	4% + 600 »	1,25% + 235 »
» 50 000 » 100 000	3% + 1100 »	1% + 360 »
» 100 000 и выше	2% + 2100 » но не более 20 000 руб.	0,5% + 860 », но не более 5000 руб.

Размер вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения, внедрение которых не дает экономии, но улучшает качество продукции, условий труда, технику безопасности и т. д., устанавливается руководителем предприятия (организации), внедрившего это изобретение или рационализаторское предложение, в соответствии с действительной ценностью предложения, но не менее минимальных и не более максимальных сумм, указанных в табл. 6.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бежелукова Е. Ф. и др. Справочник контролера машиностроительного завода. Допуски, посадки, линейные измерения» под ред. д-ра техн. наук проф. А. И. Якушева. М., «Машиностроение», 1970.
2. Абаджи К. И. Контроль взаимного расположения поверхностей деталей машин. М., Машгиз, 1962.
3. Данилевский В. В. Справочник техника машиностроителя. «Высшая школа», 1962.
4. Материалы в машиностроении. Выбор и применение. Колл. авторов под ред. заслуженного деятеля науки и техники РСФСР д-ра техн. наук проф. И. В. Кудрявцева, в 4-х томах М., «Машиностроение», 1967—1969 гг.
5. Справочник металлиста. Колл. авторов под ред. заслуженного деятеля науки и техники РСФСР д-ра техн. наук проф. Н. С. Ачеркана в 3-х томах. М., «Машиностроение», 1965—1966.
6. Краткий справочник металлиста. Колл. авторов под. ред. заслуженного деятеля науки и техники д-ра техн. наук проф. А. Н. Малова, М., «Машиностроение», 1965.
7. Филинов С. А., Фиргер И. В. Справочник термиста. Л., «Машиностроение», 1959.
8. Ростовцев Г. Г. Выбор конструкционных материалов. Лениздат, 1969.
9. Матвеев Б. Г. Производительность труда в промышленности СССР и пути ее повышения». М., изд. ВПШ и АОН при ЦК КПСС, 1961.
10. Шрейбер Г. К., Перлин С. М. Шибраев Б. Ф. Конструкционные материалы в нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности. М., «Машиностроение», 1969.
11. Блинов И. С. Справочник технолога механосборочного цеха судоремонтного завода. «Транспорт». 1969.

ПРЕДМЕТНЫЙ АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Д

Е

Ж

З

И

К

Л

М

Н

О

П

Р

С

Ф

Х

Ц

Ч

Ш

Щ

Э

Я

ОГЛАВЛЕНИЕ

Редактор издательства *М. С. Хухлин*
Технический редактор *А. Ф. Уварова* Корректор *Ж. Л. Суходолова*

Сдано в производство 30/IX 1970 г. Подписано к печати 11/V 1971 г.
Т-07042. Тираж 240 000 (5-й завод 190 001—240 000) экз. Печ. л. 24,36
Бум.л. 7,25. Уч.-изд. л. 32,0. Формат 84×108/32. Цена 1 р. 35 к. Зак. № 1279

Издательство «МАШИНОСТРОЕНИЕ», Москва, Б-66, 1-й Басманный пер., 3

Ленинградская типография № 6 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Ленинград, С-144, ул. Моисеенко, 10

